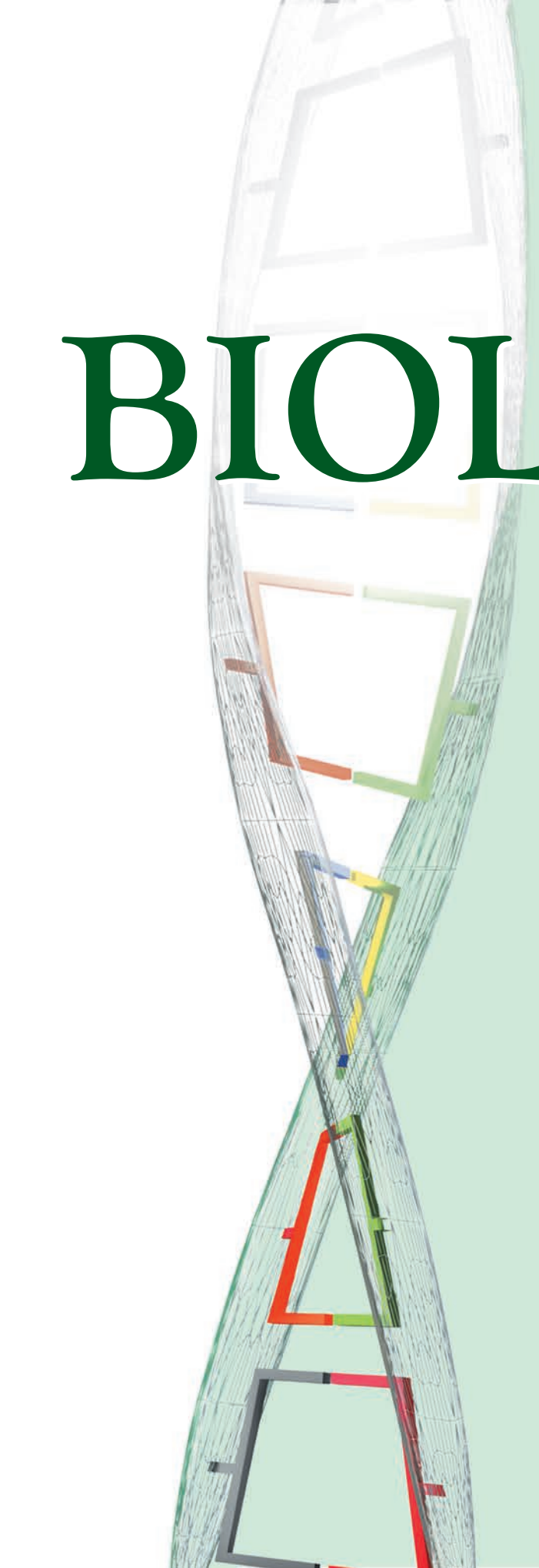
MINISTERUL EDUCAȚIEI AL REPUBLICII MOLDOVA

Nina Bîrnaz Mihai Leşanu Gheorghe Rudic

# BIOLOGIE

## Manual pentru clasa a XII-a



EDITURA PRUT

Manualul a fost aprobat pentru editare prin Ordinul Ministrului Educaţiei al Republicii Moldova nr. 510 din 13 iunie 2011.

Manualul este elaborat cu suportul proiectului „Educaţie de calitate în mediul rural din Moldova”, finanţat de Banca Mondială.

Acest manual este proprietatea Ministerului Educaţiei al Republicii Moldova.

Şcoala .....

Manualul nr. .....

| Anul de folosire | Numele şi prenumele elevului | Anul şcolar | Aspectul manualului | |
|---|---|---|---|---|
| | | | la primire | la returnare |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

· Dirigintele clasei trebuie să controleze dacă numele elevului este scris corect.
· Elevul nu va face niciun fel de însemnări în manual.
· Aspectul manualului (la primire şi la returnare) se va aprecia: *nou*, *bun*, *satisfăcător*, *nesatisfăcător*.

Comisia de evaluare:

*Maria Rotaru*, grad didactic superior, Liceul Teoretic „Vasile Alecsandri”, Chişinău
*Svetlana Rotaru*, grad didactic I, Liceul Teoretic „Gheorghe Asachi”, Chişinău
*Liuba Rudei*, grad didactic superior, Liceul Teoretic „Alexandru Agapie”, s. Pepeni, Sângerei
*Stela Gînju*, doctor în biologie, Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă”, Chişinău
*Angela Cucer*, grad didactic superior, Liceul Teoretic „B.-P. Hasdeu”, Bălţi

Toate drepturile asupra acestei ediţii aparţin Editurii *Prut Internaţional*.
Reproducerea integrală sau parţială a textului sau ilustraţiilor din această carte este permisă numai cu acordul scris al editurii.

Redactor: *Andrei Grumeza*
Corector: *Nina Artin*
Copertă: *Marcel Şendrea, Denis Grădinaru*
Paginare computerizată: *Zoe Ciumac*

© *N. Bîrnaz, M. Leşanu, Gh. Rudic*, 2017
© Editura *Prut Internaţional*, 2017

Editura se obligă să achite deţinătorilor de copyright, care încă nu au fost contactaţi, costurile de reproducere a imaginilor folosite în prezenta ediţie.

Editura *Prut Internaţional*, str. Alba Iulia nr. 23, bl. 1 A, Chişinău, MD 2051
Tel./fax: (+373 22) 74 93 18; tel.: (+373 22) 75 18 74; www.edituraprut.md; e-mail: editura@prut.ro

Descrierea CIP a Camerei Naţionale a Cărţii

**Bîrnaz, Nina.**

**Biologie:** Manual pentru clasa a 12-a/Nina Bîrnaz, Mihai Leşanu, Gheorghe Rudic; comisia de evaluare: Rotaru Maria [et al.]; Min. Educaţiei al Republicii Moldova. – Chişinău: Prut Internaţional, 2017 (Combinatul Poligrafic). – 176 p.

ISBN 978-9975-54-344-6

57(075.3)
B 33

# CUPRINS

**1. BAZELE GENETICII**

1 . 1. Bazele moleculare ale eredităţii. Acizii nucleici. Genele ..... 6
1 . 2. Replicarea, transcripţia, translaţia ..... 9
1 . 3. Bazele materiale ale eredităţii. Cromozomii ..... 14
1 . 4. Reproducerea celulară. Amitoza şi mitoza ..... 17
1 . 5. Reproducerea celulară. Meioza ..... 21
1 . 6. Gametogeneza ..... 25
1 . 7. Legile mendeliene de transmitere a caracterelor ereditare ..... 29
1 . 8. Moştenirea înlănţuită a caracterelor ..... 33
1 . 9. Moştenirea caracterelor cuplate cu sexul ..... 36
*Material complementar*. Moştenirea caracterelor în cazul interacţiunii genelor ..... 40
1 . 10. Moştenirea grupelor sangvine ..... 44
1 . 11. Variabilitatea neereditară şi ereditară a organismelor. Mutaţiile şi semnificaţia lor ..... 47
1 . 12. Factorii mutageni ..... 50
1 . 13. Ereditatea normală la om ..... 54
1 . 14. Ereditatea patologică la om ..... 56
1 . 15. Genetica umană şi impactul ei asupra omului ..... 60
Test sumativ ..... 64

**2. AMELIORAREA ORGANISMELOR. BIOTEHNOLOGII**

2. 1. Ameliorarea animalelor ..... 70
2. 2. Ameliorarea plantelor ..... 73
2. 3. Ameliorarea microorganismelor ..... 77
2. 4. Biotehnologiile tradiţionale şi moderne ..... 79
2. 5. Ingineria genică ..... 82
Test sumativ ..... 85

**3. EVOLUŢIA ORGANISMELOR PE TERRA. EVOLUŢIA OMULUI**

3. 1. Ipoteze de bază ale originii vieţii ..... 88
3. 2. Principiile evoluţiei biologice ..... 92
3. 3. Argumentele anatomiei comparate şi ale embriologiei în evoluţia lumii vii ..... 95
3. 4. Argumentele paleontologiei şi ale biologiei moleculare în evoluţia lumii vii ..... 99
3. 5. Factorii evoluţiei: ereditatea şi variabilitatea ..... 103
3. 6. Factorii evoluţiei: interacţiunea organismelor cu factorii de mediu şi selecţia naturală ..... 106
3. 7. Direcţiile evoluţiei ..... 110
3. 8. Evoluţia omului ..... 112
Test sumativ ..... 116

**4. ECOLOGIA ŞI PROTECŢIA MEDIULUI**

4. 1. Niveluri de integrare şi organizare a materiei vii ..... 120
4. 2. Organizarea materiei vii la nivel de individ ..... 124
4. 3. Organizarea materiei vii la nivel de populaţie ..... 126
4. 4. Organizarea materiei vii la nivel de biocenoză ..... 130
4. 5. Organizarea materiei vii la nivel de biosferă ..... 134
4. 6. Ecosisteme naturale. Ecosistemul terestru-aerian ..... 138
4. 7. Ecosisteme naturale. Ecosistemul acvatic ..... 142
4. 8. Ecosisteme artificiale. Agroecosisteme ..... 146
4. 9. Relaţii trofice şi piramide ecologice ..... 148
4. 10. Echilibrul dinamic în cadrul ecosistemului ..... 151
4. 11. Poluarea ecosistemului terestru-aerian şi protecţia lui ..... 155
4. 12. Poluarea ecosistemului acvatic şi protecţia lui ..... 158
Test sumativ ..... 162

*Anexa 1.* Rezolvarea problemelor la tema „Legile lui G. Mendel” ..... 165
*Anexa 2.* Rezolvarea problemelor la temele „Moştenirea înlănţuită a caracterelor”, „Moştenirea caracterelor cuplate cu sexul” ..... 169
*Anexa 3.* Rezolvarea problemelor la tema „Moştenirea grupelor sangvine” ..... 172
*Anexa 4.* Informaţie din logică ..... 174
*Anexa 5.* Tipuri de noţiuni ..... 174
*Anexa 6.* Corelaţia dintre noţiuni ..... 175
*Anexa 7.* Metode didactice ..... 176

## Abordare

Genetica este una dintre cele mai mari realizări ale secolului XX. Datorită ei, în biologie s-a produs o adevărată revoluţie cu consecinţe greu de bănuit. Problemele care au frământat nenumărate secole gândirea umană – ce este ereditatea, cum se transmit caracterele normale de la părinţi la copii, ce reprezintă bolile ereditare etc. – încep să fie înţelese.

După ce a elucidat ceea ce părea imposibil – natura cromozomilor şi a genelor, mecanismele moleculare de realizare a informaţiei ereditare etc. –, genetica încearcă să ofere o explicaţie de ansamblu a vieţii.

Descoperirile remarcabile ce s-au produs în ultimii ani asigură geneticii o poziţie prioritară printre ştiinţele biologice.

## Subcompetenţe

**PROFIL REAL**

- Definirea termenilor: genă, genotip, fenotip, cromozom, organism homozigot, organism heterozigot;
- Descrierea particularităţilor structurale şi funcţionale ale acizilor nucleici;
- Descrierea proceselor de replicare, transcripţie, translaţie;
- Identificarea tipurilor de reproducere celulară, tipurilor de cromozomi, tipurilor de mutaţii;
- Recunoaşterea fazelor mitozei şi ale meiozei;
- Descrierea procesului de gametogeneză;
- Interpretarea mecanismelor principale de moştenire a caracterelor ereditare;
- Aplicarea legilor eredităţii la rezolvarea problemelor de genetică;
- Clasificarea mutaţiilor şi a factorilor mutageni;
- Compararea mitozei şi meiozei, variabilităţii ereditare şi neereditare;
- Analiza impactului unor factori mutageni asupra organismelor;
- Argumentarea necesităţii utilizării metodelor speciale în studiul geneticii umane;
- Identificarea modalităţilor de prevenire a bolilor ereditare.

## Conţinut

**PROFIL REAL**

1.1. Bazele moleculare ale eredităţii. Acizii nucleici. Genele
1.2. Replicarea, transcripţia, translaţia
1.3. Bazele materiale ale eredităţii. Cromozomii
1.4. Reproducerea celulară. Amitoza şi mitoza
1.5. Reproducerea celulară. Meioza
1.6. Gametogeneza
1.7. Legile mendeliene de transmitere a caracterelor ereditare
1.8. Moştenirea înlănţuită a caracterelor
1.9. Moştenirea caracterelor cuplate cu sexul
*Material complementar*. Moştenirea caracterelor în cazul interacţiunii genelor
1.10. Moştenirea grupelor sangvine
1.11. Variabilitatea neereditară şi ereditară a organismelor. Mutaţiile şi semnificaţia lor
1.12. Factorii mutageni
1.13. Ereditatea normală la om
1.14. Ereditatea patologică la om
1.15. Genetica umană şi impactul ei asupra omului
Test sumativ

## Subcompetenţe

**PROFIL UMANISTIC**

- Definirea termenilor: genă, genotip, fenotip, cromozom, organism homozigot, organism heterozigot;
- Descrierea particularităţilor structurale şi funcţionale ale acizilor nucleici;
- Identificarea tipurilor de cromozomi, tipurilor de mutaţii;
- Descrierea procesului de gametogeneză;
- Interpretarea mecanismelor principale de moştenire a caracterelor ereditare;
- Aplicarea legilor eredităţii la rezolvarea problemelor de genetică;
- Clasificarea mutaţiilor şi a factorilor mutageni;
- Compararea variabilităţii ereditare şi neereditare;
- Analiza impactului unor factori mutageni asupra organismelor;
- Argumentarea necesităţii utilizării metodelor speciale în studiul geneticii umane;
- Identificarea modalităţilor de prevenire a bolilor ereditare.

# Modulul 1

# BAZELE GENETICII

## Conţinut

**PROFIL UMANISTIC**

1.1. Bazele moleculare ale eredităţii. Acizii nucleici. Genele
1.2. Bazele materiale ale eredităţii. Cromozomii
1.3. Gametogeneza
1.4. Legile mendeliene de transmitere a caracterelor ereditare
1.5. Moştenirea caracterelor cuplate cu sexul
1.6. Moştenirea grupelor sangvine
1.7. Variabilitatea neereditară şi ereditară a organismelor. Mutaţiile şi semnificaţia lor
1.8. Factorii mutageni
1.9. Ereditatea normală la om
1.10. Ereditatea patologică la om
1.11. Genetica umană. Metode de studiu a eredităţii umane
Test sumativ

# 1.1 Bazele moleculare ale eredităţii. Acizii nucleici. Genele

**Genetica** studiază legile *eredităţii* şi *variabilităţii organismelor*. Ea stabileşte mecanismele care asigură conservarea informaţiei genetice şi a modificărilor ereditare.

**Ereditatea**, ca obiect de studiu al geneticii, reprezintă proprietatea organismelor de a păstra şi de a transmite caracterele de la părinţi la descendenţi. Această proprietate contribuie la menţinerea stabilităţii caracterelor de-a lungul generaţiilor, a continuităţii biologice a indivizilor în cadrul speciei de la o generaţie la alta, asigurând astfel conservarea speciei.

Informaţia ereditară despre caracterele organismului este localizată în **gene**. Gena poate fi definită prin diferiţi termeni, şi anume:

– *termeni fizici*: gena reprezintă un segment de cromozom care conţine secvenţe particulare de nucleotide;
– *termeni funcţionali*: gena reprezintă o unitate informaţională care se transcrie într-o moleculă de ARNm sau într-un lanţ polipeptidic;
– *termeni genetici*: gena reprezintă o unitate informaţională care determină un anumit caracter ereditar.

În concepţia clasică, *gena reprezintă cea mai mică unitate funcţională de ereditate, de mutaţie şi de recombinare*. Ea stabileşte ordinea nucleotidelor în molecula de ARN şi a aminoacizilor în molecula proteică.

Genele sunt localizate în cromozomi (vezi tema 1.3.), fiind aranjate liniar şi ocupând o anumită poziţie, numită **locus**.

În urma procesului de mutaţie, una şi aceeaşi genă poate apărea sub mai multe forme, numite **alele**. Alelele determină manifestări diferenţiate ale aceluiaşi caracter. În fiecare cromozom există doar o singură genă alelă. În organismele diploide, în cei doi cromozomi omologi, fiecare genă ocupă acelaşi locus şi reprezintă gene alele.

Genele de origine sunt numite **gene normale** (sălbatice), iar cele apărute prin modificarea acestora sunt numite **gene mutante**.

Astfel, materialul ereditar al organismelor este reprezentat de **acizii nucleici**. Fiind identificaţi şi separaţi pentru prima dată în nucleu, ulterior aceşti acizi au fost descoperiţi şi în alte organite (de exemplu, în mitocondrii, cloroplaste, ribozomi).

Există două tipuri de acizi nucleici: acid dezoxiribonucleic (**ADN**) şi acid ribonucleic (**ARN**), care au un rol important în biosinteza proteinelor şi în transmiterea informaţiei ereditare de la o generaţie la alta.

Molecula de acid nucleic este formată dintr-un lanţ de nucleotide (nucleotidele reprezintă monomerii acizilor nucleici). Fiecare nucleotidă include trei molecule asociate: o bază azotată, o glucidă (pentoză) şi radicalul acidului fosforic.

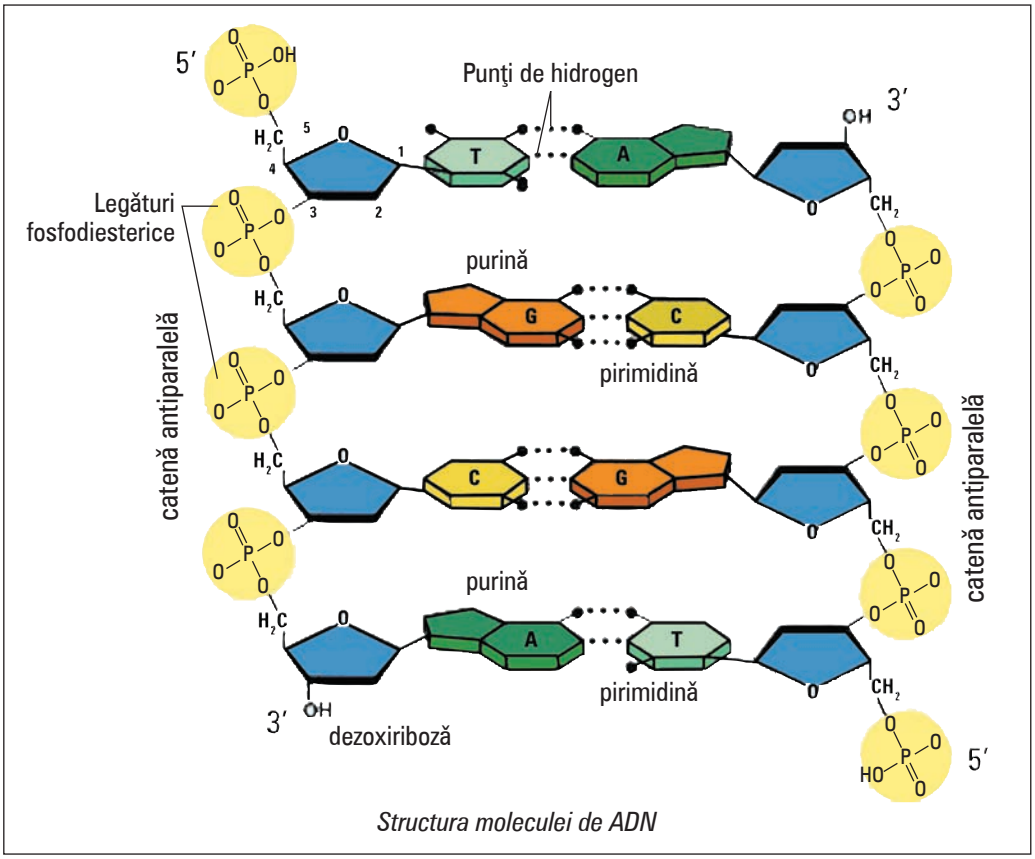
Molecula de ADN are o structură complexă, fiind formată din două catene spiralate una în jurul alteia. Fiecare catenă de ADN este constituită din nucleotide, al căror număr poate ajunge până la câteva mii sau milioane. Acidul fosforic şi glucida (dezoxiriboza) sunt similare la toate nucleotidele. Bazele azotate sunt de patru tipuri: adenină (A), timină (T), guanină (G) şi citozină (C).

Într-o moleculă de ADN, cantitatea de adenină este aceeaşi ca şi cantitatea de timină, la fel, cantitatea de citozină este aceeaşi ca şi cantitatea de guanină:

$$\frac{A + G}{T + C} = 1$$

Nucleotidele sunt unite în lanţul polinucleotidic prin legături *fosfodiesterice*, formate între două pentoze vecine (la nivelul atomilor de carbon 5 şi 3) cu ajutorul radicalului acidului fosforic.

Cele două catene de ADN se leagă între ele prin bazele azotate ale nucleotidelor, care se unesc prin *punţi de hidrogen*, respectând strict acelaşi cuplu A-T; G-C. Ca urmare, catenele au o structură complementară şi posedă o orientare spaţială opusă (antiparalelă), structură de helix dublu a moleculei de ADN.




*Structura moleculei de ADN*

Un alt tip de acid nucleic din celulă este acidul ribonucleic (ARN). ARN-ul se aseamănă cu ADN, dar are şi unele particularităţi specifice. Astfel, ARN-ul este alcătuit dintr-o singură catenă, formată dintr-un lanţ de nucleotide. Fiecare nucleotidă este constituită din radicalii a trei molecule: a unei baze azotate, a unei glucide (riboza) şi a acidului fosforic.

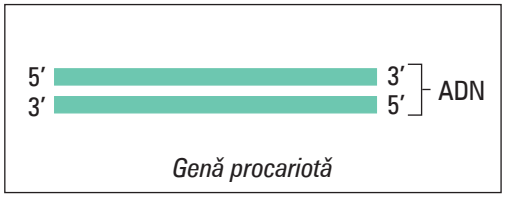
Bazele azotate, care intră în compoziţia nucleotidelor, sunt: adenina (A), guanina (G), citozina (C) şi uracilul (U).

În celulă, există câteva tipuri de ARN: de transport (ARNt), mesager (ARNm) şi ribozomal (ARNr).

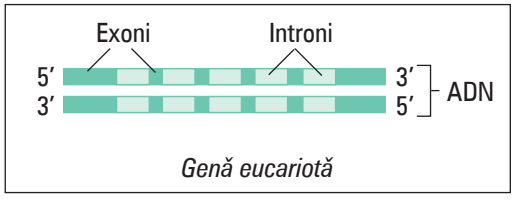
Toate aceste tipuri de ARN au forme şi dimensiuni diferite şi se formează pe matricea de ADN. Ele participă la transmiterea informaţiei ereditare prin biosinteza proteinelor:

- *ARNr* – intră în compoziţia ribozomilor (ARNr constituie circa 80 % din ARN-ul total al celulei);
- ARNt – colectează din citoplasmă aminoacizii şi-i transportă la ribozomi, locul de sinteză a proteinelor;
- ARNm – transmite informaţii ereditare de la ADN la locul de sinteză a proteinelor.

Există unele particularităţi ale organizării materialului genetic (ADN-ului) la diferite organisme.




*Genă procariotă*




*Genă eucariotă*

La procariote (bacterii), materialul genetic este reprezentat printr-o moleculă de ADN dublă catenară circulară. Ea are o lungime de circa 1400 nm şi este „nudă" (nu formează complexe cu proteine histonice).

La eucariote (plante, ciuperci, animale), materialul genetic se caracterizează printr-o discontinuitate genetică. În molecula de ADN se succed secvenţe nucleotidice informaţionale (**exoni**) şi neinformaţionale (**introni**), care se elimină în procesul de maturizare a ARN-ului. În combinaţie cu proteinele histonice, ADN-ul formează un complex nucleoproteic, numit cromatină.

Savanţii susţin că în procesul evoluţiei biologice au apărut iniţial acizii ribonucleici, care reprezentau materialul genetic şi exercitau rol ereditar. Cu timpul, această funcţie de conservare şi transmitere a caracterelor ereditare a fost preluată de acizii dezoxiribonucleici, concentraţi în organite celulare cu membrană dublă.

**1** • **Selectează varianta corectă de răspuns.**

Obiectivul principal al geneticii este:

**A.** identificarea particularităţilor dezvoltării individuale a organismelor;
**B.** evidenţierea particularităţilor de organizare a celulelor;
**C.** stabilirea legităţilor de păstrare şi transmitere a caracterelor la organisme;
**D.** prezentarea căilor evolutive posibile ale organismelor.

**2** • **Citeşte informaţia din text cu referire la particularităţile genelor şi realizează un plan de prezentare a acestora colegilor tăi.**

**3** • **Compară structura moleculelor de ADN şi ARN într-un tabel, indicând cel puţin trei asemănări şi trei deosebiri. Prezintă oral răspunsul timp de 2–3 min.**

**4** • **Citeşte textul de mai jos şi alege unul dintre titlurile propuse pentru acesta. Argumentează alegerea.**

Cantitatea de ARNm este determinată de necesităţile celulei în anumite proteine. Proteinele se sintetizează în celule în cantităţi strict necesare proceselor vitale la momentul potrivit. Necesităţile celulelor în proteine se pot modifica, din care considerente ARNm are proprietatea de a degrada rapid.

Titluri: *1) Particularităţile ARNm; 2) Adaptabilitatea celulelor la schimbul permanent de substanţe.*

**5** • **Modelează structura unui acid nucleic folosind diverse materiale. Prezintă public acest model într-un discurs de circa 1–3 min.**

**6** • **Explică în 2–3 propoziţii semnificaţia sintagmei** biologia dezvoltării**, pe baza informaţiei stocate în codul de bare *QR 1.1.1*.**

*QR 1.1.1*

**7** • **Elaborează o definiţie a termenului** epigenom **şi explică funcţionalitatea lui în contextul actualităţii, pe baza informaţiei stocate în codul de bare *QR 1.1.2*, în intervalul 13.24 – 17.05.**

*QR 1.1.2*

**8** • **Argumentează importanţa informaţiei prezentate în linkul *https://ro.wikipedia.org/wiki/Acid_nucleic*.**

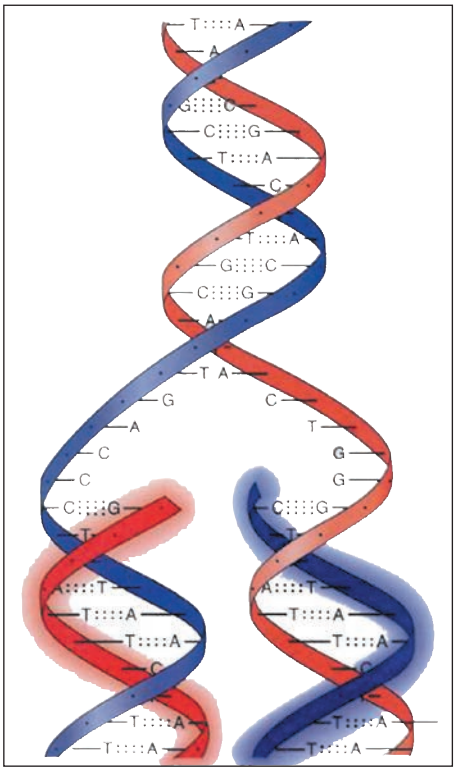
# Replicarea, transcripţia, translaţia

**Replicarea ADN** este cheia eredităţii, deoarece prin intermediul ei se asigură transmiterea informaţiei ereditare de-a lungul generaţiilor.

ADN-ul posedă o capacitate unică de a se „multiplica". Această multiplicare nu reprezintă o diviziune, ci o *replicare* (autodublare), un proces „semiconservativ", în care cele două catene ale moleculei de ADN, sub acţiunea enzimelor, în interfaza celulară (perioada S), se separă, fiecare servind drept matrice pentru sintetizarea catenelor noi din nucleotide libere, în strictă conformitate cu principiul complementarităţii.

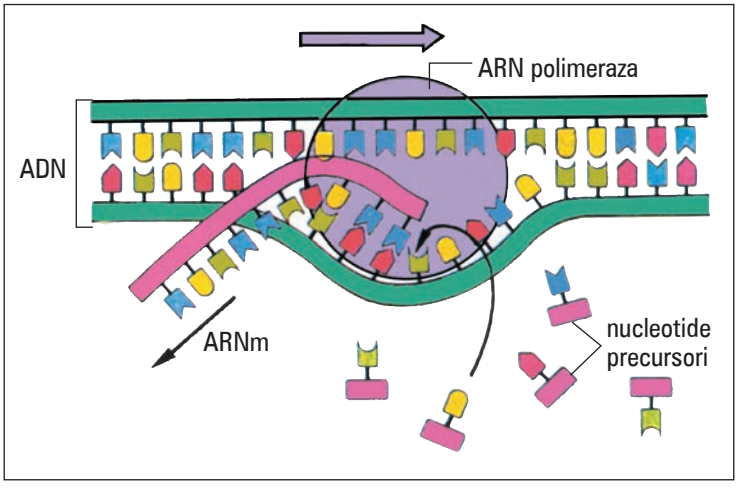
Ca urmare, se formează două molecule de ADN identice informaţional între ele şi cu molecula iniţială, fiecare fiind alcătuită dintr-o catenă veche şi o catenă nou sintetizată.

Astfel, prin reduplicarea moleculei de ADN se asigură transmiterea informaţiei ereditare de la celula-mamă la celulele-fiice.



**Transcripţia** constă în copierea informaţiei codificate din structura moleculei de ADN în moleculele de ARNm. Ea se desfăşoară asemănător replicării ADN-ului, diferenţiindu-se în câteva etape:

– molecula de ADN este parţial despiralizată în 2 catene liniare;




– în faţa nucleotidelor libere de ADN se grupează nucleotide de ARNm, pe baza regulilor de complementaritate. Astfel ia naştere o nouă catenă de ARNm. Acest proces se realizează cu ajutorul unei enzime (*ARN polimeraza*);
– molecula de ARNm se desprinde de ADN, se maturizează (prin excizia intronilor şi unirea exonilor) şi părăseşte nucleul, ieşind prin porii membranei nucleare în citoplasmă (membrana este impermeabilă pentru ADN).

Astfel, conţinutul informaţional al unei părţi de ADN este copiat în molecula de ARNm. Sinteza ARNm se realizează de pe o singură catenă de ADN – catena anticodogenă 3'– 5'.

La sfârşitul transcripţiei, molecula de ADN se restabileşte din nou.

**Translaţia** este un proces prin care se realizează sinteza proteinelor. Ea constă în traducerea informaţiei genetice codificate în structura ARNm în ordinea aminoacizilor din molecula de proteină. Acest proces se bazează pe codul genetic.

**Codul genetic** reprezintă un sistem de cifrare (codificare) a informaţiei genetice despre succesivitatea aminoacizilor în molecula proteică sub forma unei succesiuni de nucleotide din molecula de ADN (sau ARN viral).

Succesiunea aminoacizilor în molecula de proteină este determinată de bazele azotate din molecula de ADN, aranjate câte 3 (triplet), numite *codoni*. Fiecărui codon îi corespunde un anumit aminoacid.

Se cunosc circa 20 de aminoacizi, iar numărul combinaţiilor posibile din 4 baze azotate a câte 3 este egal cu 64 ($4^3 = 64$). Prin urmare, numărul tripletelor de baze azotate este mai mult decât suficient pentru codificarea tuturor aminoacizilor.

Actualmente, se consideră că a treia bază azotată este cel mai puţin importantă, putând fi înlocuită fără să se schimbe sensul codonului.

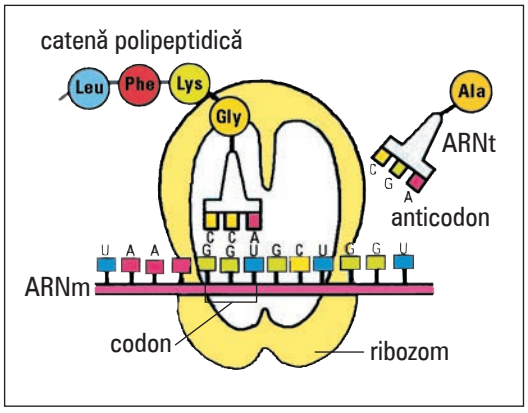
| **Codul genetic** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Prima bază** | **A doua bază** | | | | **A treia bază** |
| Capătul 5' | U | C | A | G | Capătul 3' |
| U | Phe<br>Phe<br>Leu<br>Leu | Ser<br>Ser<br>Ser<br>Ser | Tyr<br>Tyr<br>Stop<br>Stop | Cys<br>Cys<br>Stop<br>Try | U<br>C<br>A<br>G |
| C | Leu<br>Leu<br>Leu<br>Leu | Pro<br>Pro<br>Pro<br>Pro | His<br>His<br>Gln<br>Gln | Arg<br>Arg<br>Arg<br>Arg | U<br>C<br>A<br>G |
| A | Ile<br>Ile<br>Ile<br>Met (Start) | Thr<br>Thr<br>Thr<br>Thr | Asn<br>Asn<br>Lys<br>Lys | Ser<br>Ser<br>Arg<br>Arg | U<br>C<br>A<br>G |
| G | Val<br>Val<br>Val<br>Val | Ala<br>Ala<br>Ala<br>Ala | Asp<br>Asp<br>Glu<br>Glu | Gly<br>Gly<br>Gly<br>Gly | U<br>C<br>A<br>G |

Unul şi acelaşi aminoacid poate fi codificat de mai multe triplete. Această proprietate a codului genetic se numeşte *degenerare*.

O altă proprietate esenţială a codului genetic este *universalitatea* lui, adică unele şi aceleaşi triplete codifică unii şi aceiaşi aminoacizi la toate organismele (bacterii, plante, animale etc.).

Codul genetic *nu se suprapune*: fiecare grupă din 3 baze azotate succesive formează un triplet. În molecula de ADN, tripletele sunt aşezate liniar. Codul genetic nu conţine pauze; în timpul sintezei proteinei, informaţia genetică este citită triplet cu triplet de la codonul de START până la codonul de STOP. Codonul de iniţiere (START) este reprezentat printr-un singur triplet AUG, iar cel de finalizare (STOP) – prin 3 triplete: UAA, UGA, UAG.

Translaţia are loc la nivelul ribozomilor.




În citoplasma celulară sunt prezente molecule de ARNt. Ele conţin într-o anumită zonă bine determinată un „anticodon" – o succesiune de 3 baze azotate dispuse într-o anumită ordine. La capătul opus al acestei molecule se leagă, conform codului genetic, un anumit aminoacid, pe care îl va transporta la molecula de ARNm ce se localizează între cele 2 subunităţi ale ribozomului.

Informaţia genetică a ARNm se transmite prin cuplarea temporară a tripletelor ARNt cu tripletele complementare din structura ARNm.

Astfel se determină succesiunea aminoacizilor în molecula de proteină. Ribozomii „alunecă" de-a lungul

catenei de ARNm. Citirea informaţiei ereditare are loc de la capătul 5' (conţine grupa fosfatică) spre capătul 3' (conţine grupa hidroxil) al ARNm. Aminoacizii individuali, legaţi la moleculele de ARNt, se adaugă lanţului proteic în formare.

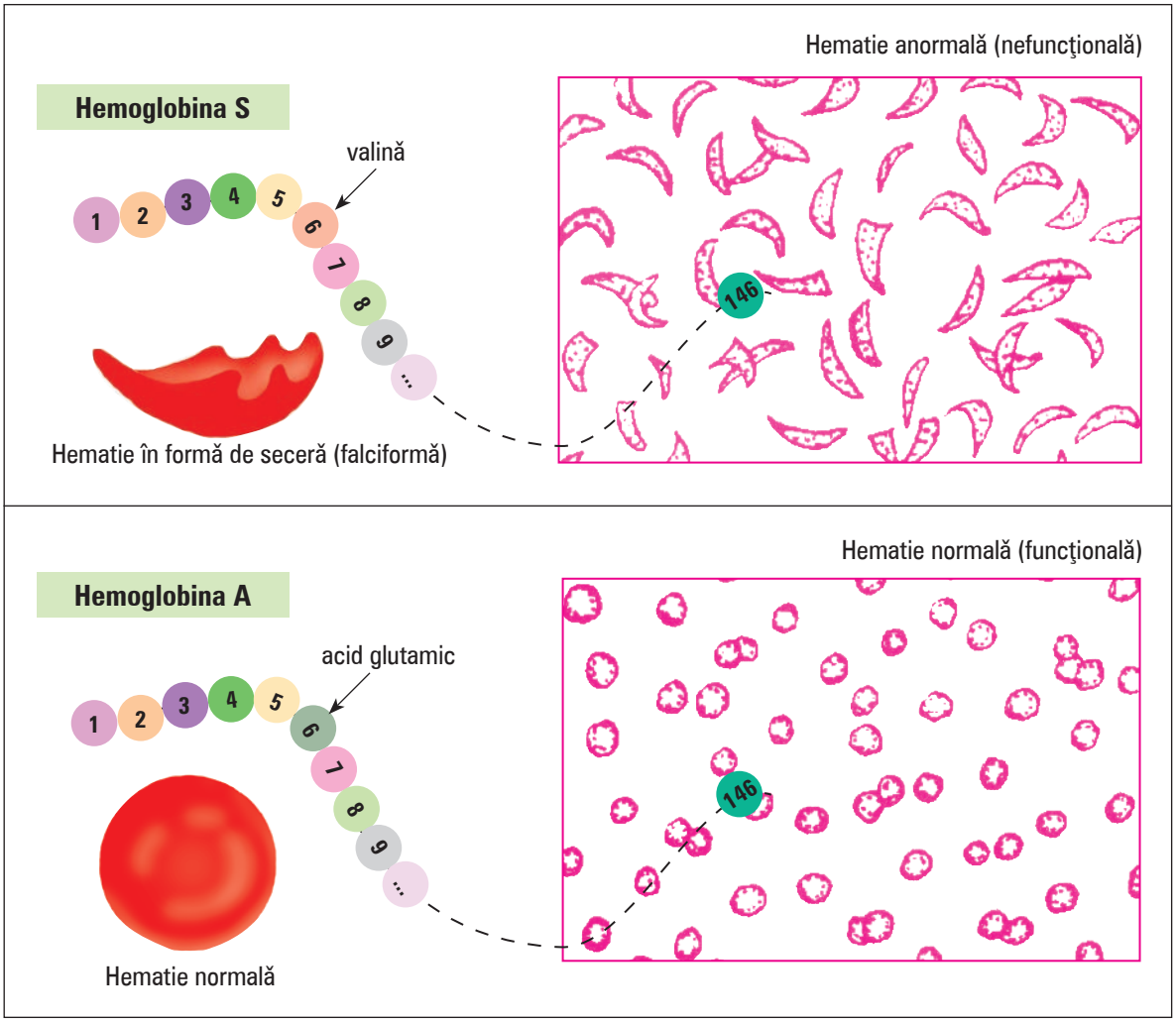
În acest fel, o moleculă de proteină este sintetizată corespunzător informaţiei cuprinse în segmentul de ADN.

În procesul de sinteză a proteinelor pot apărea tulburări din cauza unor factori de mediu: radiaţii, substanţe chimice toxice (pesticide, iperită etc.). Aceşti factori generează modificări ale ADN-ului şi, deci, ale unor codoni din ARNm. Pe baza acestor codoni apar proteine cu structura modificată (schimbarea unor aminoacizi cu alţii).

Aşadar, pot să apară o serie de afecţiuni ale sângelui, oaselor etc. Una dintre ele este drepanocitoza, numită şi anemie falciformă, caracterizată prin prezenţa hematiilor în formă de seceră. Aceste hematii modificate transportă doar o jumătate din cantitatea de oxigen pe care o transportă o hematie normală.

Anemia falciformă, ca şi celelalte anemii, se manifestă prin paliditate, slăbiciune generală, ameţeli. Ea se tratează prin administrarea medicamentelor ce conţin fier, vitamine, îndeosebi vitamina B12, prin consumare de alimente bogate în fier.

Un remediu modern este oferit de ingineria genică şi constă în corectarea codonului modificat din ADN, pentru a-i reda capacitatea de a produce hemoglobină normală.



**1** • **Alege** Adevărat **sau** Fals **pentru fiecare afirmaţie, ţinând cont de informaţia din text.**

| | |
|---|---|
| **A.** Replicarea are loc în cadrul diviziunii celulare. | Adevărat / Fals |
| **B.** În celulele eucariote transcripţia are loc în nucleu. | Adevărat / Fals |
| **C.** Unele şi aceleaşi triplete de nucleotide codifică unii şi aceiaşi aminoacizi la diferite specii de organisme. | Adevărat / Fals |
| **D.** Procesul de translaţie se realizează la nivelul lizozomilor. | Adevărat / Fals |

**2** • **Corelează descrierea etapelor sintezei moleculei proteice din coloana *A* cu imaginile corespunzătoare acestora din coloana *B*.**

**A**

**a** ARNt recunoaşte şi adiţionează aminoacidul metionină (Met) (în conformitate cu tripletul său nucleotidic).

**b** Met–ARNt se orientează spre ribozom.

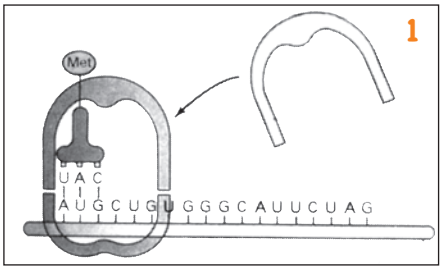
**c** Met–ARNt se apropie cu anticodonul de tripletul complementar de nucleotide ale ARNm.

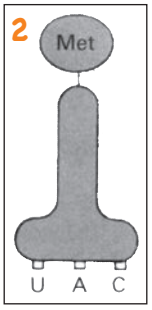
**d** Subunităţile ribozomale se asociază formând ribozomi. Met–ARNt se atinge cu anticodonul de tripletul complementar de nucleotide ale ARNm. În acest moment, la capătul opus, aminoacidul metionină este adiţionat. Astfel, el se află în locul de asamblare a proteinei, intrând în compoziţia ei.

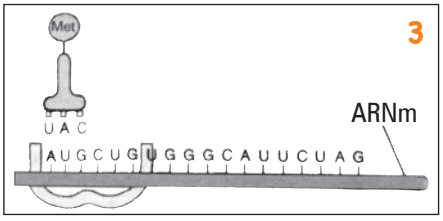
**e** Leu–ARNt se orientează spre ribozomi, în conformitate cu codonul din ARNm.

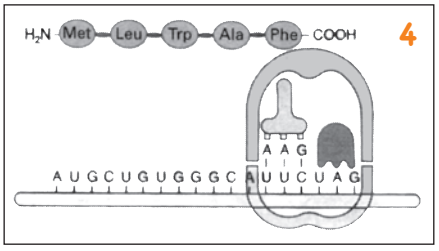
**f** În acest mod s-a creat lanţul polipeptidic alcătuit din molecule de aminoacizi.

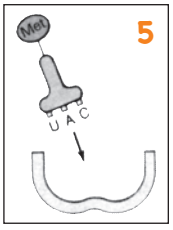
**B**

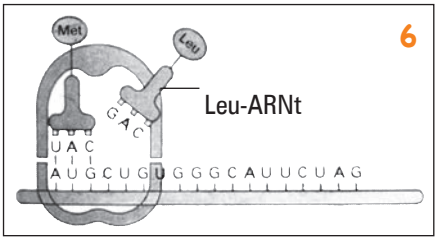


**3** • **Citeşte informaţia şi rezolvă sarcinile.**

*Drepanocitoza* este o maladie ereditară care se manifestă printr-o anemie gravă, numită *anemie falciformă*. Boala apare în urma sintezei unei hemoglobine anormale, notată HbS, care cauzează deformarea hematiilor. Hemoglobina normală este notată HbA.

Secvenţa *A* corespunde unei porţiuni de ARN mesager care codifică HbA, iar secvenţa *B* corespunde unei porţiuni de ARN mesager care codifică HbS.

A

Celulă stem A ARNm: G U A C A C C U C A C U C C A G A A G A G

Start

B

Celulă stem S ARNm: G U A C A C C U C A C U C C A G U A G A G

Start

- **Transpune fiecare secvenţă de ARNm în secvenţe ale aminoacizilor pentru hemoglobina A şi pentru hemoglobina S, utilizând codul genetic prezentat în text.**
- **Notează deosebirea structurii acestor două molecule de hemoglobină.**
- **Notează molecula pe care este situată mutaţia ce determină apariţia anemiei falciforme.**

**4** • **Scrie, pe baza informaţiei din text referitoare la drepanocitoză şi a informaţiei stocate în codul de bare *QR 1.2.1*, o listă de recomandări pentru părinţii copiilor bolnavi de anemie falciformă, care i-ar ajuta să amelioreze starea de sănătate a copilului.**

*QR 1.2.1*

**5** • **Notează, pe baza informaţiei „Codul genetic" din manual, un aspect care presupune noi descoperiri şi cercetări în genetică.**

**6** • **Explică de ce informaţia prezentată în schema de mai jos este intitulată „Expresia genelor".**

**EXPRESIA GENELOR**

**ADN** → **ARNm** → **Proteină**

**5'-ATGCCATCGGTTGCAGCG-3'** Catenă codogenă (netranscrisă)
**3'-TACGGTAGCCAACGTCGC-5'** Catenă anticodogenă (transcrisă)

↓ Transcripţie

**5'-AUGCCAUCGGUUGCAGCG-3'** ARNm

↓ Translaţie

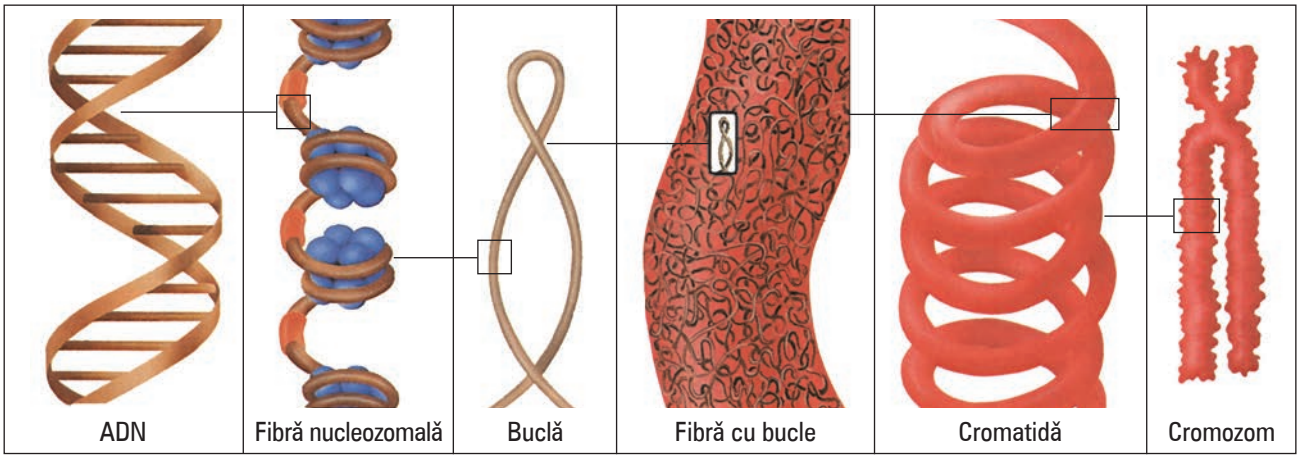
**Met – Pro – Ser – Val – Ala – Gly** polipeptid

**7** • **Scrie o frază în care să reflecţi opinia ta referitor la următoarea afirmaţie:**
O scădere a aportului alimentar de aminoacizi contribuie la o sinteză deficitară a proteinelor.

# 1.3 Bazele materiale ale eredităţii. Cromozomii

Purtătorii materiali ai informaţiei ereditare sunt consideraţi cromozomii.

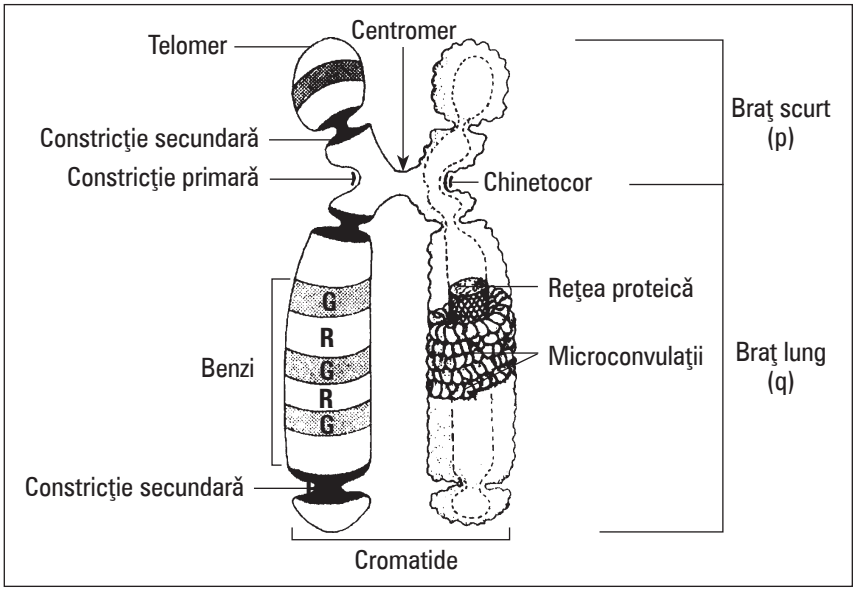
**Cromozomii** reprezintă unităţi structurale compacte, permanente, alcătuite din acizi nucleici şi proteine. Moleculele liniare de ADN formează complexe cu proteinele histonice, alcătuind fibra elementară nucleozomală. Aceste substanţe, în combinaţie cu ARN-ul şi proteinele nehistonice, formează **cromatina** – material din care, în cadrul diviziunii, se diferenţiază cromozomii.




Se disting *eucromatina* şi *heterocromatina*. Eucromatina reprezintă o regiune puţin condensată, ce se colorează mai slab şi este mai activă genetic. Heterocromatina reprezintă o regiune mai condensată, ce se colorează mai intens, fiind puţin activă genetic. Heterocromatina poate fi: facultativă (temporar neactivă) şi constitutivă (permanent neactivă).

Cromozomii au un rol esenţial în viaţa celulei (organismului), asigurând transmiterea caracterelor ereditare celulelor-fiice (descendenţilor). Ei se pot evidenţia cel mai bine în timpul diviziunii celulei (la sfârşitul metafazei – începutul anafazei).

Fiecare cromozom din celulele somatice este format din două cromatide. Ele sunt unite printr-o constricţie primară – **centromer** (chinetocor). În unii cromozomi se pot evidenţia şi constricţii secundare, care



separă un segment numit **satelit**. Capetele terminale ale cromozomilor se numesc **telomere**. Ele protejează partea terminală a ADN-ului de degradarea enzimatică şi blochează posibilitatea fuzionării cromozomilor.

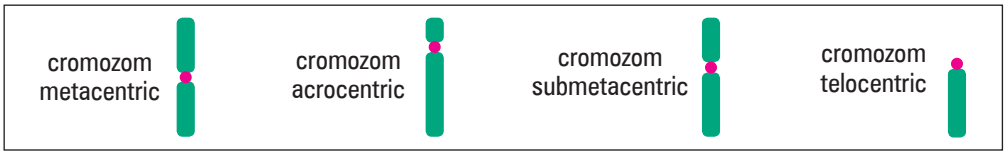
Părţile cromozomului, care se disting clar după mărime şi culoare de părţile adiacente, se numesc **benzi cromozomiale**.

Numărul, mărimea şi forma cromozomilor variază în funcţie de specie. În celulele somatice, numărul de cromozomi este dublu (2n), iar în cele sexuale (gameţi) – haploid (n).

| Organismul | Numărul diploid de cromozomi | Organismul | Numărul diploid de cromozomi |
|---|---|---|---|
| 1. *Pisum sativum* (fasolea) | 14 | 8. *Solanum tuberosum* (cartoful) | 48 |
| 2. *Vicia faba* (bobul) | 12 | 9. *Drosophila melanogaster* (drosofila) | 8 |
| 3. *Zea mays* (porumbul) | 20 | 10. *Ascaris megalocephala* (ascarida) | 4 |
| 4. *Allium cepa* (ceapa) | 16 | 11. *Bos taurus* (taurul) | 60 |
| 5. *Lycopersicon esculentum* (tomatele) | 24 | 12. *Ovis aries* (oaia domestică) | 54 |
| | | 13. *Capra hircu* (capra domestică) | 60 |
| 6. *Triticum monococcum* (grâul) | 14 | 14. *Sus scrofa* (porcul domestic) | 38 |
| 7. *Beta vulgaris* (sfecla) | 18 | 15. *Homo sapiens* (omul) | 46 |

Cromozomii pot fi clasificaţi după mai multe criterii:

- după poziţia centromerului:
  - *metacentrici* – centromerul divide cromozomul în două braţe aproximativ egale;
  - *acrocentrici* – centromerul ocupă o poziţie aproape terminală;
  - *submetacentrici* – centromerul ocupă o poziţie puţin deplasată de centru;
  - *telocentrici* – centromerul ocupă o poziţie terminală;




- după particularităţile intervenţiei în determinarea sexului:
  - *autozomi* – reprezintă cromozomii tipici normali ce formează majoritatea complementului cromozomial (la om, în celulele somatice se evidenţiază 44 de autozomi);
  - *heterozomi* (cromozomii sexuali) – reprezintă nişte cromozomi cu o morfologie particulară. Ei se notează, de regulă, prin *x* şi *y*. Cromozomul *x,* ca şi majoritatea autozomilor, conţine multe gene active, iar cromozomul *y* conţine un număr redus de gene.

Heterozomii au un rol important în determinarea sexului. Sexul care conţine aceiaşi cromozomi sexuali (*xx*) se numeşte *sex homogametic* (de regulă, sexul feminin), iar sexul care conţine cromozomi sexuali diferiţi (*xy*) se numeşte *sex heterogametic* (de regulă, sexul masculin).

Unele organisme pot conţine şi tipuri speciale de cromozomi, cum ar fi:

- *cromozomii politenici* – se depistează în celulele glandelor salivare ale larvelor de diptere (chiromonide). Aceşti cromozomi se formează prin replicarea succesivă a cromatidelor fără separarea lor (la drosofile, de exemplu, ei pot conţine până la 1024 de cromatide);
- *cromozomii „lampbrush"* (sau perie-de-lampă) – se depistează în nucleul ovocitelor primare ale amfibienilor, peştilor, reptilelor şi păsărilor. Datorită prelungirii profazei I a meiozei, aceşti cromozomi pot atinge dimensiuni foarte mari (de exemplu, până la 1 mm).

Numărul, mărimea şi forma cromozomilor (**cariotipul**) sunt constante pentru fiecare specie de organisme şi se păstrează de la o generaţie la alta. Abaterile (mutaţiile cromozomiale strucrurale şi/ sau numerice) influenţează esenţial viabilitatea organismelor.

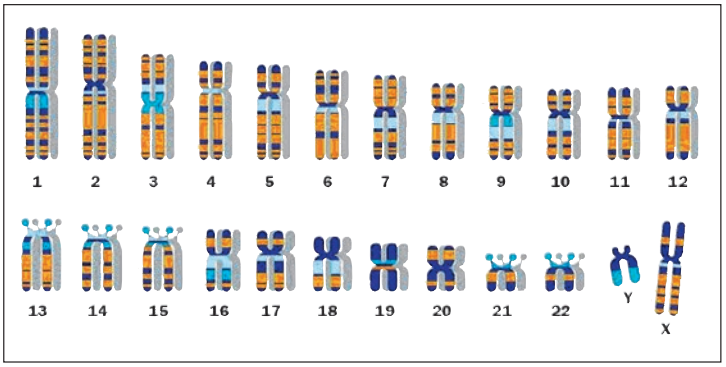
**1** • **Completează spaţiul din afirmaţiile de mai jos. (Se realizează în caiet.)**

Cromozomii se evidenţiază în procesul _____ celulei. Ei sunt compuşi din _____ şi _____. Constricţia primară a cromozomilor se numeşte _____, iar capetele lui – _____.

**2** • **Descrie în 3–5 propoziţii compoziţia unui cromozom, utilizând informaţia din text.**

**3** • **Clasifică cromozomii după diverse criterii într-o schemă structurată logic.**

**4** • **Grupează cromozomii cariotipului uman prezentaţi în imaginea alăturată după poziţia centromerului.**




**5** • **Modelează un cromozom din diverse materiale, astfel încât să reprezinţi structura şi compoziţia acestuia.**

**6** • **Explică termenul** genomica personalizată, **utilizând metoda „Hartă morfologică”, pe baza informaţiei de mai jos şi a celei stocate în codul de bare *QR 1.3.1*.**

*QR 1.3.1*

### Harta genetică a unei singure persoane, descifrată de la A la Z

Patru ani şi circa 10 milioane de dolari au fost necesari pentru a decripta „literă cu literă” primul genom uman individual. Mai exact, geneticienii au descifrat cei 23 de cromozomi paterni şi cei 23 de cromozomi materni ai unei singure persoane.

Această versiune complexă a genomului aduce ca noutate harta variaţiilor genetice ale celor două categorii de cromozomi din organismul unui individ. Acestea sunt de zeci de ori mai numeroase decât se credea iniţial.

Descoperirea răstoarnă, de fapt, versiunea iniţială că fiinţele umane sunt identice din punct de vedere genetic în proporţie de 99%. Şirul ADN complet descifrat îi aparţine celebrului cercetător Craig Venter. Descoperirea sa a permis geneticienilor să înţeleagă variaţiile genomului – mult mai numeroase şi mai complicate decât se credea iniţial. Cele 2,8 miliarde de secvenţe de ADN învecinate ce au fost studiate vor ajuta enorm la dezvoltarea unor medicamente care să trateze cauzele genetice ale unor boli, spune Craig Venter, care este atât subiect, cât şi autor al studiului, relatează AFP.

În aproximativ cinci ani, consideră cercetătorii, tehnicile de segmentare a lanţurilor ADN vor deveni însă mai ieftine şi mai rapide şi vor permite decriptarea genomului pentru peste 10 000 de persoane – se vor pune astfel bazele unei „ere a geneticii personalizate”. Din acest moment, se va putea şti cu exactitate în cazul fiecărei afecţiuni cât ţine de genetică şi cât de mediul înconjurător.

**7** • **Elaborează o prezentare ppt de 5–7 minute sau un afiş publicitar (la alegere) prin care să atenţionezi populaţia referitor la consecinţele factorilor din localitatea ta care pot afecta genotipul organismelor.**

**8** • **Notează ce acţiuni vei întreprinde pentru a evita/diminua acţiunea factorilor din localitatea ta care pot afecta genotipul organismelor.**

# Reproducerea celulară. Amitoza şi mitoza



Celulele organismelor pluricelulare sunt variate datorită funcţiilor diverse pe care le îndeplinesc. În funcţie de specializarea lor, ele au o anumită durată de viaţă. De exemplu, neuronii şi celulele musculare încetează să crească şi să se dividă atunci când ajung la maturitate, funcţionând pe parcursul întregii vieţi a organismului. Alte celule, cum sunt celulele ţesutului măduvei osoase, ale epidermei, ale epiteliului intestinului subţire, mor repede în procesul activităţii lor, fiind înlocuite cu altele noi, rezultate din reproducerea continuă a celulelor. Astfel, ciclul vital al celulelor acestor ţesuturi include o perioadă activă, urmată de o perioadă de reproducere.

Reproducerea celulelor asigură procesul de creştere, precum şi cel de regenerare a ţesuturilor.

Există două tipuri de reproducere celulară: prin diviziune directă – **amitoza** – şi prin diviziune indirectă – **mitoza** (la celulele somatice) şi **meioza** (la celulele specializate, generatoare de gameţi).

Diviziunea indirectă presupune diviziunea nucleului (cariochineza) şi diviziunea citoplasmei (citochineza). În diviziunea mitotică, genele se distribuie egal între celulele-fiice.

**Amitoza** se caracterizează prin anumite particularităţi:

– nu se produce spiralizarea cromozomilor;

– nu se formează fusul de diviziune;

– iniţial se multiplică nucleolii;

– învelişul nuclear nu dispare;

– după diviziunea nucleului există cazuri când citoplasma nu se divide, fapt ce contribuie la apariţia celulelor polinucleare.

Amitoza reprezintă un mod rapid de diviziune a celulelor şi este caracteristică pentru majoritatea organismelor monocelulare, pentru ţesuturile patologice, celulele bătrâne la care s-a redus capacitatea de diferenţiere.

De regulă, prin amitoză se multiplică unele foiţe embrionare la animale, celulele foliculare ale ovarului, celulele glandelor endocrine şi ale ficatului, iar la plante – celulele ovarului, ale parenchimului tuberculilor, ale endospermului.

Cea mai răspândită formă de reproducere a celulelor este mitoza. În general, prin mitoză se reproduc celulele somatice în creştere: ţesuturile meristematice la plante, celulele organelor hematopoietice şi ale ţesuturilor epidermice la animale.

**Mitoza** se caracterizează prin restructurări complexe ale nucleului, urmate de formarea unor structuri specifice – **cromozomii.** În urma mitozei, din celula iniţială diploidă (2n) se formează 2 celule-fiice identice cu celula-mamă. Ciclul celular include interfaza (pregătirea către diviziune) şi diviziunea propriu-zisă.

**Interfaza** constituie circa 90 % din ciclul celular. În această perioadă cromozomii au aspectul unor filamente (din gr. *mitos* – filament), care nu se observă la microscopul optic.

Interfaza include 3 etape**:**

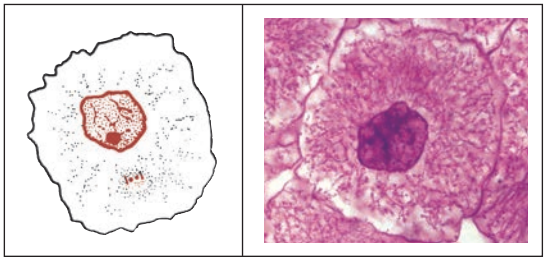
1) *Presintetică* (G1)**:**

– celula se pregăteşte pentru replicarea ADN-ului;

– se sintetizează ARN-ul, proteinele structurale, enzimele necesare pentru sinteza ADN-ului.

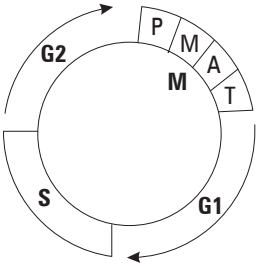
2) *Sintetică* (S):

– se sintetizează ADN-ul. Molecula de ADN se despiralizează şi fiecare catenă devine matrice pentru sinteza unei catene noi de ADN. Astfel, molecula nou formată de ADN este identică cu molecula iniţială de ADN.



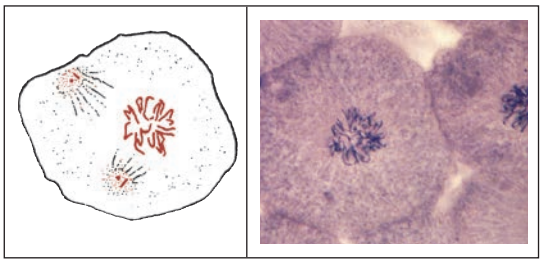
Aceasta determină esenţa biologică a mitozei. Aşadar, informaţia ereditară se transmite de la celula-mamă la celula-fiică. Etapa respectivă durează de la câteva minute (la protozoare) până la 6–12 ore (la mamifere).

3) *Postsintetică* (G2)**:**
– se acumulează ATP-ul;
– se sintetizează proteinele, în special pentru fusul de diviziune;
– se reduplică centriolii.



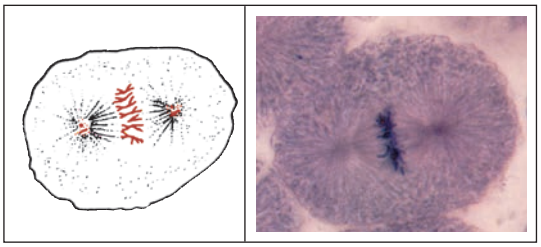

Diviziunea propriu-zisă, **mitoza,** constă din 4 faze succesive:

1) *Profaza* (constituie 50 % din mitoză). Caracteristici:

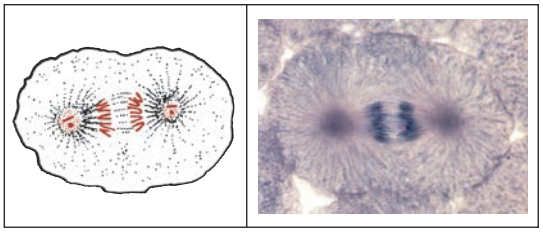


– se măreşte volumul nucleului şi al celulei, determinându-se rotunjirea ei;
– se reduce activitatea funcţională a celulei (de exemplu, se reduce mişcarea la amibă, leucocite etc.);
– centriolii migrează spre polii celulei;
– cromozomii se spiralizează şi, prin urmare, se îngroaşă şi devin vizibili la microscopul optic;
– se resoarbe nucleolul şi membrana nucleară;
– se formează firele fusului de diviziune;
– cromozomii migrează în citoplasmă.

2) *Metafaza* (constituie 13 % din mitoză).
Caracteristici:

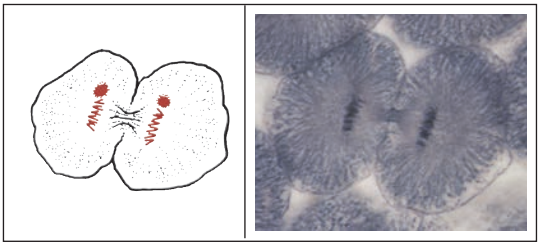


– cromozomii spiralizaţi migrează spre ecuatorul celulei, formând placa metafazică; în această etapă se vede clar structura şi numărul cromozomilor;
– centromerii cromozomilor se unesc cu firele fusului de diviziune.



3) *Anafaza* (constituie 7 % din mitoză). Caracteristici:
– se diminuează viscozitatea citoplasmei;
– se divid centromerii;
– cromatidele migrează spre poli, datorită contracţiilor firelor fusului de diviziune şi respingerii cromatidelor aceluiaşi cromozom; în acest moment, spre polii celulei migrează 2 seturi diploide de cromozomi.

4) *Telofaza* (constituie 30 % din mitoză). Caracteristici:



– cromozomii se despiralizează;
– se formează membrana nucleară;
– se restabilesc nucleolii. Astfel se încheie procesul de diviziune a nucleului (cariochineza). După formarea celor 2 nuclee în celula-mamă, se produce citochineza (se divid citoplasma, constituenţii ei şi membrana celulară). Organitele celulare se repartizează mai mult sau mai puţin egal între cele 2 celule-fiice. La plante, citochineza se realizează centrifug, prin formarea unei lamele mediane (fragmoplast) în regiunea ecuatorului celulei şi extinderea ei spre periferie. La animale, citochineza se realizează centripet, prin strangulare.

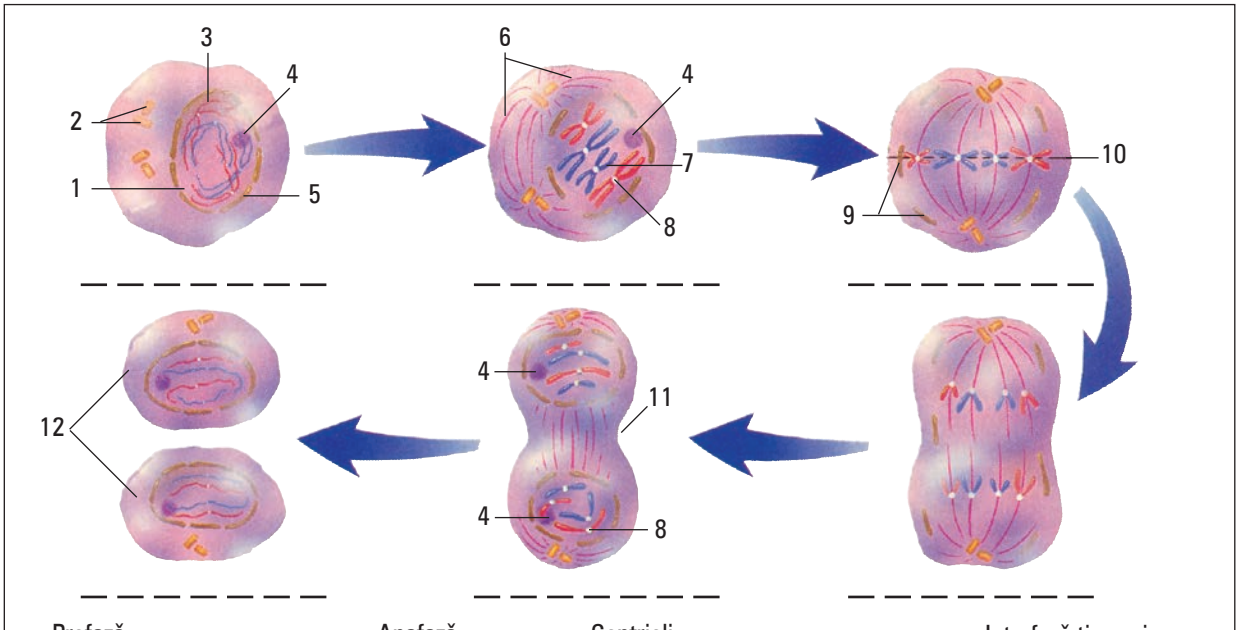
În concluzie, prin mitoză se asigură:
- stabilitatea numărului de cromozomi în procesul de diviziune a celulelor somatice;
- substituirea celulelor şi regenerarea ţesuturilor şi organelor;
- creşterea şi dezvoltarea organismului pluricelular.

**1** • **Completează tabelul în caiet.**

**Reproducerea prin amitoză**

| Exemple de celule ce se reproduc prin amitoză | Caracteristici ale amitozei |
|---|---|
| La microorganisme:<br>1.<br>2.<br>3. | |
| La animale:<br>1.<br>2.<br>3. | |
| La plante:<br>1.<br>2.<br>3. | |

**2** • **Scrie în locul liniilor punctate şi al cifrelor noţiunile corespunzătoare, selectându-le din lista de mai jos. (Se realizează în caiet.)**

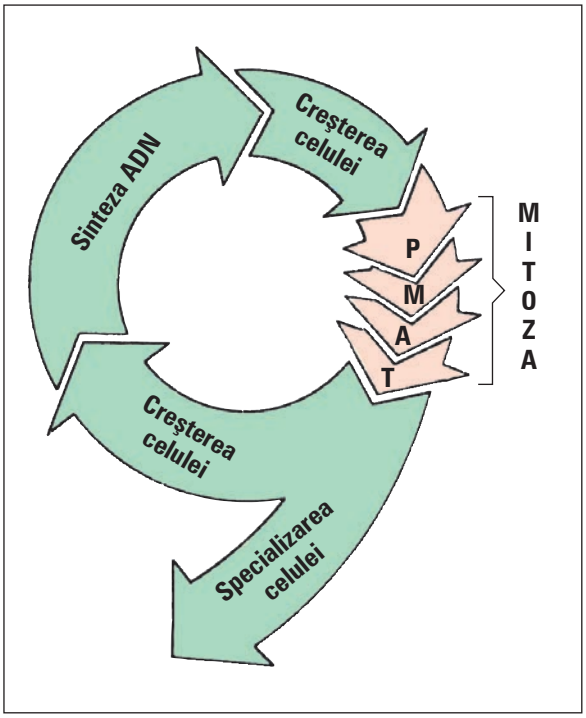



– Profază
– Nucleol
– Cromatină
– Interfază târzie
– Firele fusului de diviziune
– Anafază
– Cromozom
– Strangulaţie
– Metafază
– Centromer
– Centrioli
– Telofază
– Por nuclear
– Membrană nucleară fragmentată
– Interfază timpurie
– Ecuator
– Membrană nucleară
– Celule-fiice

**3** • **Corelează denumirea fazelor mitotice din coloana *A* cu procesele corespunzătoare din coloana *B*.**

| A | B |
|---|---|
| 1 – Profaza | a – La fiecare pol al celulei se află acelaşi număr şi acelaşi fel de cromozomi ca în celula-mamă. |
| 2 – Metafaza | b – După replicare, fiecare cromozom este alcătuit dintr-o pereche de cromatide-surori. |
| 3 – Anafaza | c – Cromatidele perechi se aranjează la ecuatorul celulei. |
| 4 – Telofaza | d – Cromatidele-surori se separă, fiecare reprezentând un cromozom. |

**4** • **Descrie procesul prezentat în schema alăturată.**
• **Intitulează schema.**




**5** • **Enumeră deosebirile dintre interfaza târzie şi cea timpurie şi prezintă informaţia într-o schemă „Peşte”.**

**6** • **Prezintă prin cercurile Eyler relaţiile dintre următorii termeni:**

**a)** metafază şi mitoză; **b)** anafază şi telofază.

**7** • **Priveşte la microscop un preparat din rădăcina unei cepe (vezi informaţia stocată în codul de bare *QR 1.4.1*) şi descrie fazele mitozei observate.**

*QR 1.4.1*

**8** • **Numeşte 1–2 avantaje pentru om şi 1–2 avantaje pentru medicină ale faptului că celulele hepatice se reproduc prin amitoză.**

**9** • **Intitulează textul de mai jos prin prisma subiectului lecţiei şi argumentează răspunsul.**

Celulele stem sunt celulele „primordiale” ale organismului uman. Prin diviziune mitotică, ele se pot dezvolta în alte tipuri de celule care, la rândul lor, pot forma ţesuturi şi organe în corpul uman. Mai exact, celulele stem pot evolua în celule mature cu caracteristici şi forme specializate cum ar fi celulele din sânge, celule ale sistemului nervos, celule pentru inimă sau piele.

Primele date despre stocarea celulelor stem din sângele cordonului ombilical au fost furnizate la începutul anilor 90. La început, băncile stocau toată unitatea de sânge din cordonul ombilical. Această metodă de stocare era ieftină, nu presupunea dotarea complexă a laboratorului şi necesita efort şi expertiză minime. Tehnica a fost folosită până în momentul în care abordarea modernă a sugerat izolarea celulelor nucleate. Diferenţa faţă de tehnica veche constă în separarea plasmei şi a eritrocitelor de produsul final ce urmează a fi stocat, şi anume celule nucleate, din care fac parte şi celulele stem.

(http://gyniclinique.ro/articole/celule-stem.html)

**10** • **Formulează, prin prisma subiectului lecţiei, un argument în favoarea afirmaţiei:**
Celulele stem ale nou-născutului reprezintă grefa ideală pentru majoritatea cazurilor.

# Reproducerea celulară. Meioza



**Meioza** este caracteristică celulelor generatoare de gameţi. În procesul meiozei, se produc modificări numerice, prin transformarea garniturii diploide (2n) de cromozomi în garnitură haploidă (n). Ulterior, în procesul fecundaţiei, prin unirea a două celule haploide, se formează zigotul diploid, menţinându-se astfel numărul constant de cromozomi caracteristic fiecărei specii de organisme.

În meioză se identifică două diviziuni succesive: prima diviziune meiotică (reducţională) şi a doua diviziune meiotică (ecuaţională).

Prima diviziune meiotică este precedată de interfază, în care se realizează reduplicarea ADN-ului. Între prima şi a doua diviziune meiotică există o perioadă scurtă – interchineza, în care nu se reduplică ADN-ul. Fiecare diviziune meiotică decurge în 4 faze succesive: profaza, metafaza, anafaza şi telofaza, cu trăsăturile lor specifice.

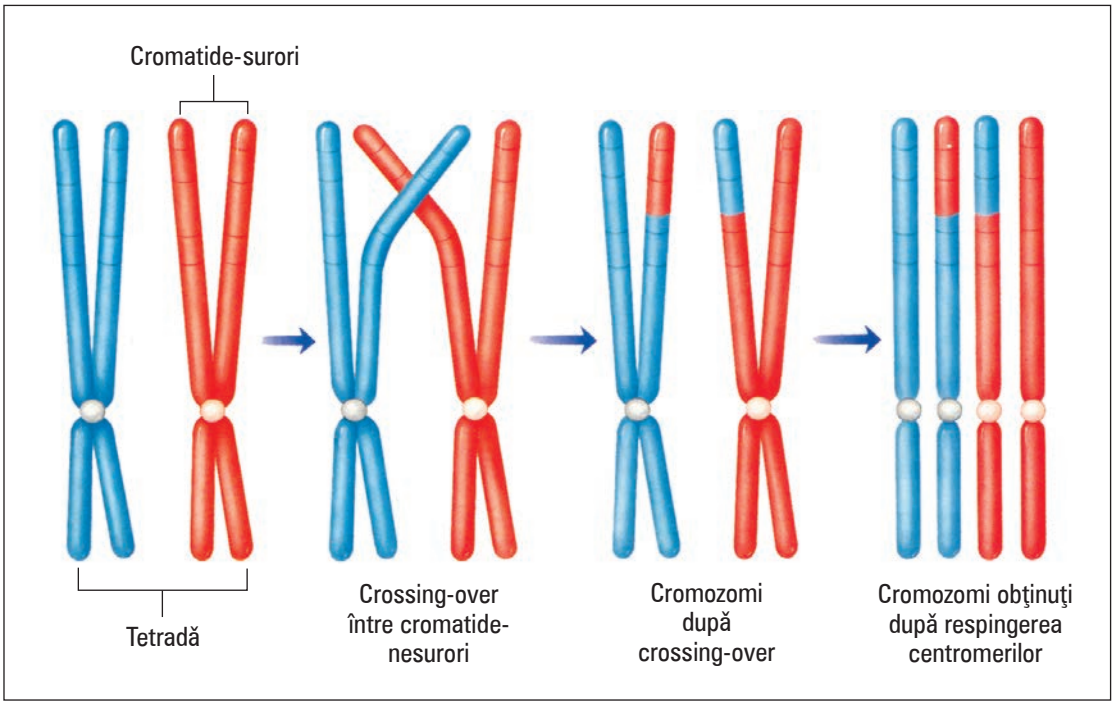
**Prima diviziune meiotică**

1) *Profaza I* este cea mai îndelungată dintre toate fazele acestei diviziuni. La plante poate dura câteva zile, iar la animale – săptămâni sau chiar ani. Această fază se caracterizează printr-o serie de etape succesive, mult mai complexe decât în profaza mitozei:

– cromozomii omologi (pereche) se conjugă (se alătură) pe axa longitudinală;

– cei doi cromozomi omologi formează o figură tetracromatidică numită tetradă;

– între două cromatide-nesurori (ce nu aparţin aceluiaşi cromozom) are loc procesul numit **crossing-over** – schimbul reciproc de segmente între cromatidele-nesurori ale cromozomilor omologi; prin urmare, apar noi combinaţii de gene în cromatide, iar acest proces determină variabilitatea ereditară;




– cromozomii omologi se resping şi se spiralizează;

– dispare nucleolul şi membrana nucleară;

– începe formarea fusului de diviziune.

2) *Metafaza I* se caracterizează prin următoarele procese:

– cromozomii-pereche (bivalenţi) se orientează spre ecuatorul celulei, formând placa metafazică;

– centromerii cromozomilor se prind de firele fusului de diviziune;

– firele fusului de diviziune se contractă, centromerii bivalenţi se resping şi începe migrarea cromozomilor întregi spre polii celulei.

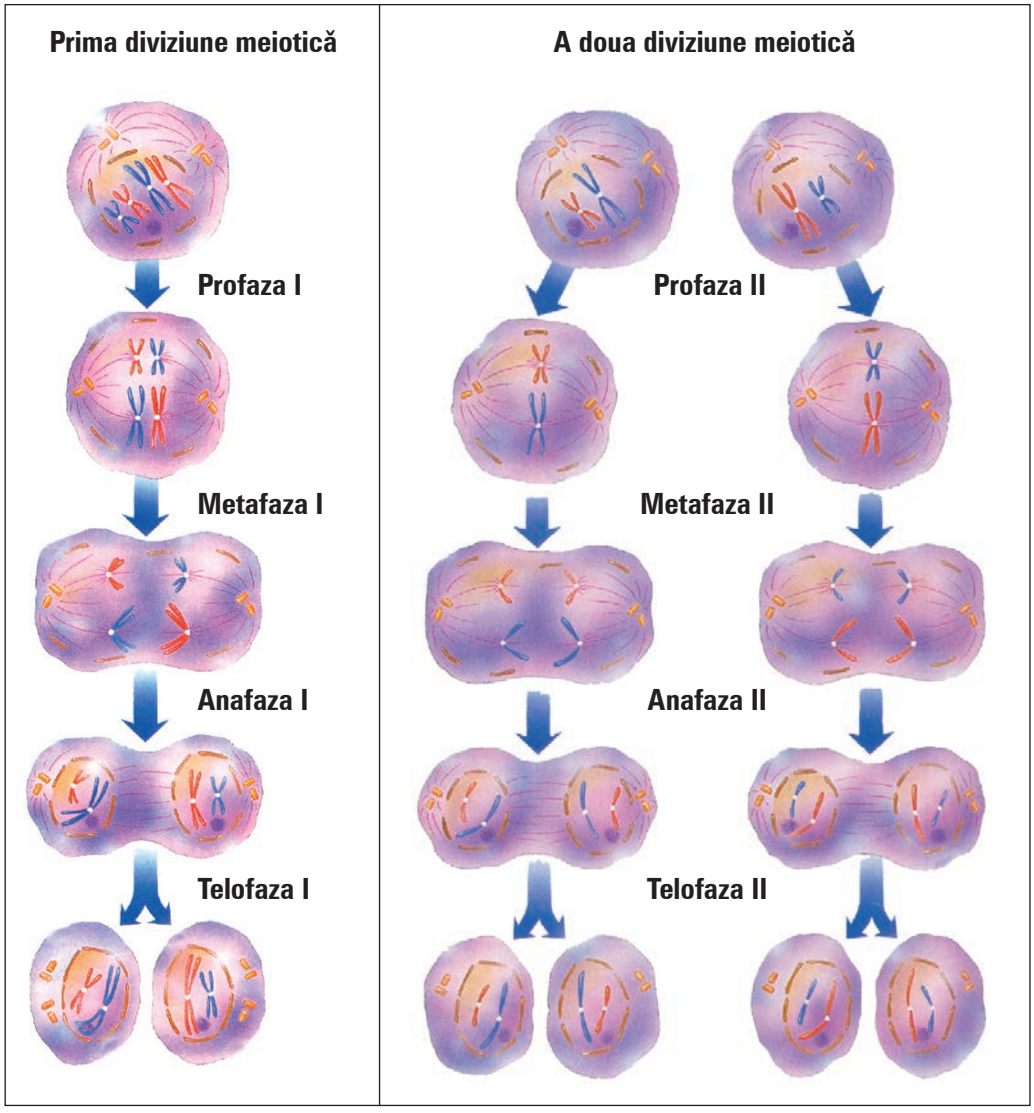
3) În *anafaza I* continuă migrarea cromozomilor întregi spre poli. Astfel, la fiecare pol al celulei ajunge un număr înjumătăţit de cromozomi.

4) *Telofaza I* se caracterizează prin:

– despiralizarea cromozomilor bicromatidieni;

– restabilirea membranei nucleare şi a nucleolilor.

Cariochineza este urmată de citochineză, în consecinţă, se formează 2 celule haploide.




**A doua diviziune meiotică**

1) *Profaza II*:

– cromozomii se spiralizează;

– se resoarbe nucleolul şi membrana nucleară;

– se amestecă citoplasma cu carioplasma;
– se formează fusul de diviziune.
2) *Metafaza II*:
– cromozomii se orientează spre planul ecuatorial al celulei, formând placa metafazică;
– cromozomii se fixează cu ajutorul centromerilor de firele fusului de diviziune.
3) *Anafaza II*:
– centromerii se divid în două;
– cromozomii monocromatidieni migrează spre polii celulei.
4) *Telofaza II*:
– cromozomii ajunşi la cei doi poli ai celulei se despiralizează;
– apare nucleolul;
– se restabileşte membrana nucleară.

În rezultatul cariochinezei şi al citochinezei se formează 4 celule haploide. Acestea sunt precursorii gameţilor. La animale ele se numesc spermatide (la masculi) şi ovotide (la femele), iar la plante – microspori şi megaspori.

Meioza reprezintă procesul în urma căruia se formează gameţii. Prin intermediul meiozei se asigură o imensă variabilitate genetică, graţie recombinărilor intracromozomiale (crossing-over) şi celor intercromozomiale (asortarea aleatorie a cromozomilor ce migrează spre polii opuşi ai celulei).

La animalele superioare, în urma meiozei (meioză gametică) apar celule haploide care nu suferă diviziuni ulterioare şi pot participa la fecundaţie. La plantele superioare, celulele obţinute în urma meiozei (meioză sporală) se mai divid mitotic, după ce se diferenţiază în gameţi (nuclei spermatici şi oosferă).

**1** • **Scrie afirmaţiile de mai jos în caiet, completând spaţiul cu informaţia corespunzătoare din coloana dreaptă.**

**a)** Meioza asigură formarea celulelor _____ .

**b)** Variabilitatea ereditară a speciei este determinată de _____ .

**c)** Dacă celula-mamă a avut 46 de cromozomi, celulele-fiice vor avea după meioză _____ de cromozomi.

**d)** Dacă celula-mamă a avut 46 de cromozomi, celulele-fiice vor avea după mitoză _____ de cromozomi.

**e)** În timpul primei diviziuni meiotice se separă _____ , iar în timpul celei de a doua diviziuni meiotice se separă _____ .

– crossing-over
– 23
– sexuale
– cromozomi omologi
– 46
– cromatide-surori

**2** • **Prezintă într-o diagramă ciclul vital al unei celule ce se reproduce prin meioză şi indică fazele principale.**

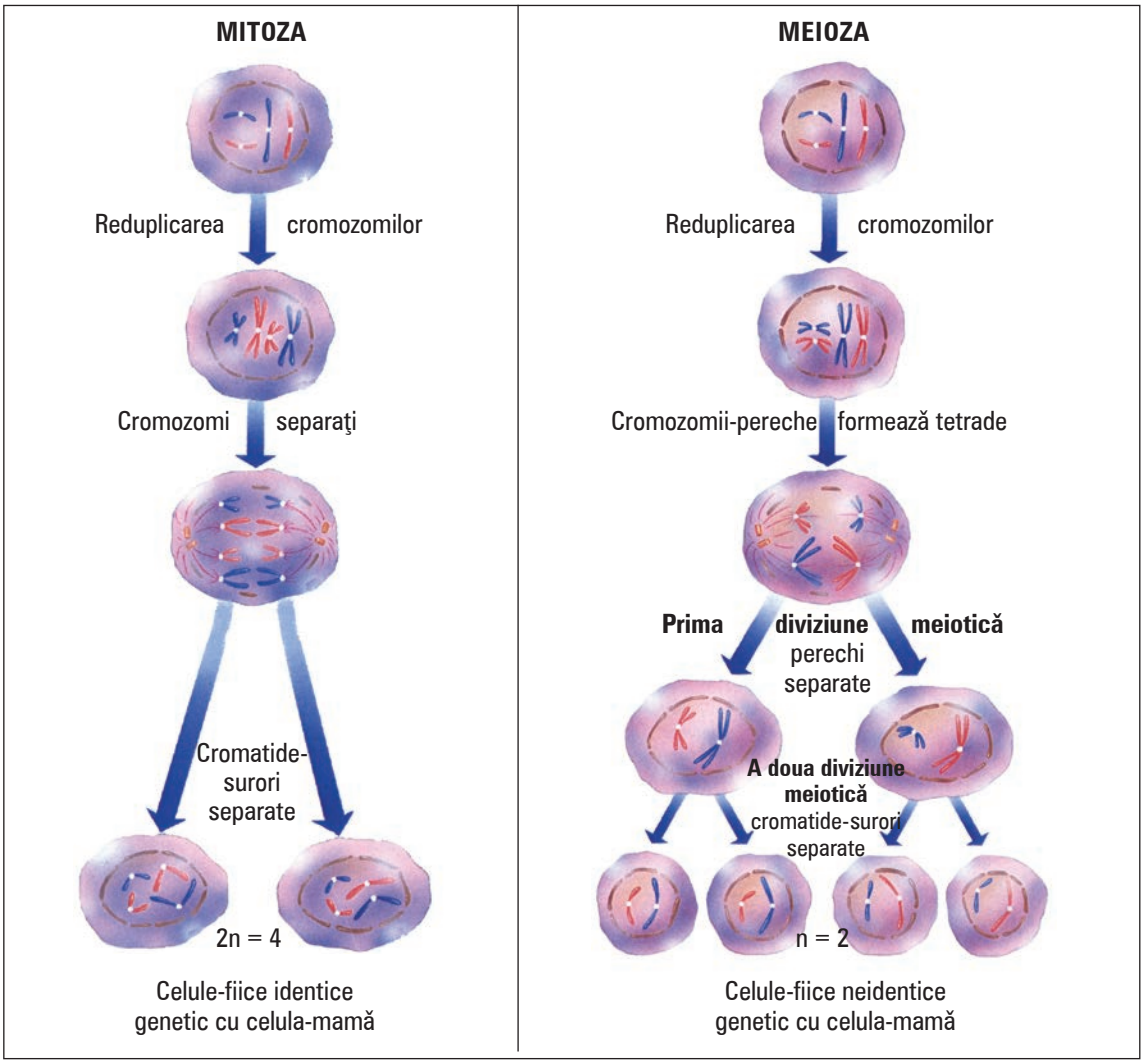
**3** • **Elaborează o planşă instructivă în care să prezinţi meioza unei celule care are o garnitură de 4 cromozomi.**

**4** • **Completează schemele a) şi b) pe baza informaţiei din text şi a imaginilor de mai jos, indicând cel puţin 3 deosebiri, şi explică ce importanţă are pentru organism meioza. (Se realizează în caiet.)**

**Deosebiri**

**a)** **Mitoza** — **Criterii** — **Meioza**

**b)** **Profaza I a meiozei** — **Profaza mitozei**




**5** • **Intitulează fiecare grup de termeni şi argumentează răspunsul.**

**a**
46 cromozomi
2 celule-fiice
4 faze
o interfază

**b**
23 cromozomi
4 celule-fiice
8 faze
o interfază

**6** • **Argumentează afirmaţia prin metoda grafurilor (vezi p. 176):** crossing-overul este un proces care oferă unicitate organismului.

# Gametogeneza



Gametogeneza reprezintă procesul de formare a gameţilor. Gameţii masculini şi feminini se formează în gonade, care sunt considerate organe sexuale primare.

## Spermatogeneza

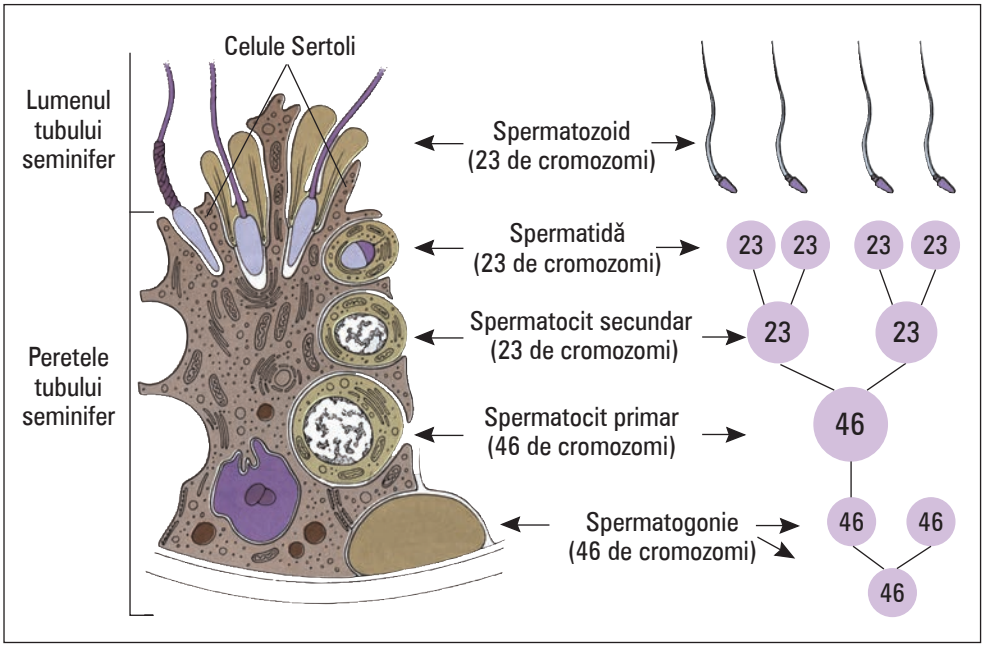
Spermatozoizii se produc în tuburile seminifere ale testiculelor. În epiteliul germinativ al tuburilor seminifere se află celulele germinative (celulele sexuale primitive) – *spermatogoniile*. Spermatogonia este o celulă diploidă care, în urma diviziunilor mitotice şi meiotice, devine un gamet matur, spermatozoid cu o garnitură haploidă de cromozomi.

În structura tuburilor seminifere sunt câteva tipuri de celule care reprezintă stadiile consecutive de dezvoltare a gameţilor masculini. Timpul necesar pentru transformarea unei spermatogonii într-un spermatozoid adult este de circa 74 de zile.

Celulele germinative primitive – spermatogoniile – se află în stratul extern al tuburilor seminifere, numit zonă de înmulţire.

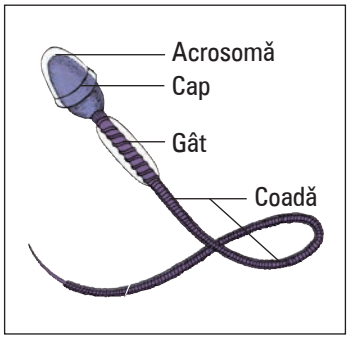
Spermatogoniile se caracterizează printr-un nucleu mare şi o cantitate sporită de citoplasmă. În decursul perioadei embrionare şi postembrionare, până la pubertate, spermatogoniile se divid mitotic. În consecinţă, numărul spermatogoniilor se măreşte, ceea ce determină creşterea testiculelor. Această perioadă se numeşte perioadă de înmulţire.

La pubertate, o parte din spermatogonii continuă să se dividă mitotic, iar altă parte trece în zona următoare, numită zonă de creştere (situată mai aproape de lumenul tubului seminifer). Aici, celulele se măresc datorită abundenţei de citoplasmă. Aceste celule se numesc *spermatocite primare.*




Ultima zonă (a 3-a) de formare a gameţilor masculini se numeşte zonă de maturizare. Aici, spermatocitele primare trec prin două diviziuni meiotice succesive. În urma primei diviziuni meiotice, dintr-un spermatocit primar se formează 2 *spermatocite secundare*, din care rezultă 4 *spermatide,* în urma celei de-a doua diviziuni meiotice. Spermatidele au formă ovală şi dimensiuni mai mici decât spermatocitele. Spermatidele trec în zona din apropierea lumenului tubului seminifer, unde se transformă în *spermatozoizi.*

În acest stadiu de dezvoltare, spermatozoizii nu sunt complet mobili. De aceea, celulele epiteliului germinativ (celulele Sertoli) produc un lichid spermatic, care se mişcă prin lumenul tuburilor seminifere şi transportă spermatozoizii din tuburi seminifere în epididim. După 1–10 zile de aflare în epididim, spermatozoizii se maturizează complet sub acţiunea unui produs secretat de epididim; ei devin mobili şi capabili de fertilizare.




O parte din spermă este depozitată în epididim, dar cea mai mare parte a ei – în canalul deferent (îndeosebi în ampula acestui canal). Aici, sperma îşi menţine fertilitatea timp de 42 de zile.

Spermatozoidul reprezintă o celulă mobilă, cu o cantitate mică de citoplasmă şi este format din cap, gât şi coadă. Pe partea anterioară a capului se află acrosoma, formată din complexul Golgi modificat, ce conţine enzime care facilitează penetrarea spermatozoidului în ovul în timpul fecundaţiei. În regiunea gâtului se află un număr mare de mitocondrii, în care se sintetizează ATP-ul, sursa necesară pentru deplasarea spermatozoidului. Mişcările helicoidale ale cozii determină deplasarea spermatozoidului.

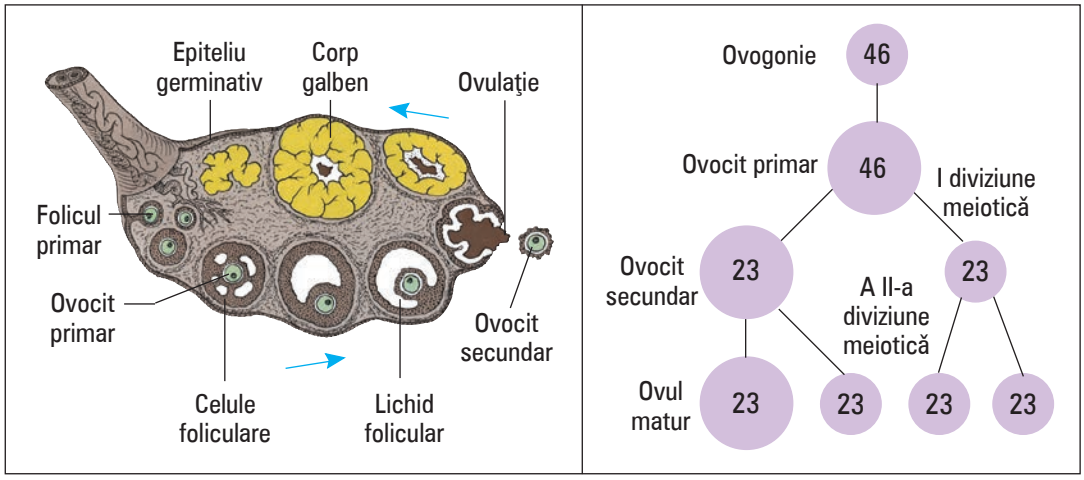
## Ovogeneza

Pentru ovogeneză sunt caracteristice aceleaşi faze ca şi pentru spermatogeneză. Gameţii feminini se dezvoltă în foliculii ovarieni, care se găsesc în zona corticală a ovarelor. Foliculii se transformă în ovule sub influenţa hormonilor gonadotropi hipofizari.

În perioada dezvoltării embrionare, ovarele conţin peste 7 milioane de foliculi primordiali, având câte o celulă germinativă (ovocit primordial). Însă majoritatea foliculilor suferă un proces de involuţie, ajungând la pubertate în număr de circa 200–400 de mii de foliculi primordiali, din care se maturizează numai 500.

Spre deosebire de bărbaţi, la care spermatogeneza este continuă pe parcursul vieţii, la femei dezvoltarea şi eliminarea ovulelor este ciclică.

În perioada de dezvoltare a ovulelor se disting foliculi: primari, secundari (veziculari) şi cavitari.




Celulele germinative feminine, numite *ovogonii*, se multiplică mitotic intens în zona de înmulţire, formând *ovocite primare*. Acest proces se desfăşoară numai în perioada embrionară. Ovocitele primare nu suportă modificări până în perioada pubertară. La pubertate, ovocitele primare cresc periodic, acumulând grăsimi, pigmenţi, vitellus. Fiecare ovocit este înconjurat de celule foliculare care îi asigură nutriţia.

Următoarea perioadă în dezvoltarea ovulelor este maturizarea ovocitelor, în care ovocitul primar suportă două diviziuni meiotice consecutive, însoţite de repartizarea neuniformă a citoplasmei între celulele-fiice. Astfel, după prima diviziune meiotică, se formează *ovocitul secundar*, o celulă bogată în citoplasmă, şi un globul polar (polocit primar).

Ovocitul secundar este expulzat prin ruperea foliculului în trompa uterină, proces numit *ovulaţie*. Aici, el suportă a doua diviziune meiotică, formând preovulul şi un globul polar (polocit secundar). Globulul polar primar se poate divide şi el, dând naştere la doi globuli polari (polociţi secundari). Preovulul nu se mai divide, dezvoltându-se într-un *ovul*.

Astfel, în urma celor două diviziuni meiotice, dintr-un ovocit primar se formează un ovul şi trei globuli polari secundari. Aceştia se reabsorb sau se păstrează pe suprafaţa ovulului, dar nu participă la fecundaţie.

Ca rezultat al ovulaţiei, epiteliul folicular proliferează, formând corpul gras. Acesta secretă estrogeni şi progesteron.

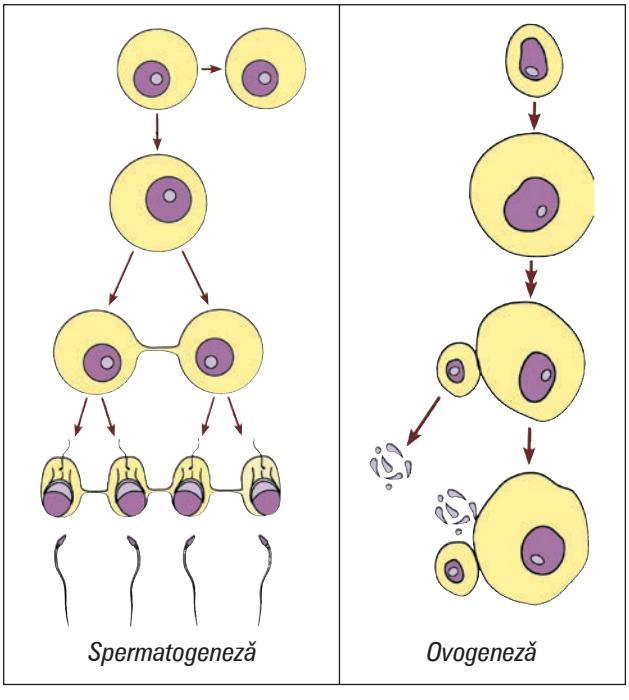
Dacă ovulul a fost fecundat, corpul gras secretă intens hormoni în primele 3 luni de sarcină. Dacă ovulul nu este fecundat, corpul gras se resoarbe, cantitatea de estrogeni şi progesteron se micşorează, iar ovulul împreună cu endometrul (mucoasa uterină) este eliminat din uter. Desprinderea endometrului produce ruperea capilarelor, de aceea eliminarea acestora din organism se manifestă printr-un proces hemoragic (menstruaţie) ce durează circa 3–5 zile. Cantitatea normală de sânge care se elimină este de circa 30 ml. O cantitate de 80 ml şi mai mult este considerată patologică.

Reţinerea ciclului menstrual reprezintă primele simptome de gestaţie. Din punct de vedere fiziologic, procesul de gestaţie se manifestă prin persistenţa corpului galben. Gestaţia poate fi confirmată printr-un test care identifică un surplus de hormoni în urina femeii gravide.

**1** • **Defineşte noţiunile:** *spermatogeneză*, *ovogeneză*.

**2** • **Desenează în caiet schemele alăturate, incluzând în ele termenii corespunzători din lista de mai jos, şi descrie procesele de spermatogeneză şi ovogeneză.**

– Spermatocit primar (46 de cromozomi)
– Spermatide
– Ovocit secundar (23 de cromozomi)
– Ovul (23 de cromozomi)
– Mitoză
– I diviziune meiotică
– Spermatogonie (46 de cromozomi)
– Degenerare
– Spermatocid secundar (23 de cromozomi)
– Globul polar primar
– Spermatozoizi (23 de cromozomi)
– A II-a diviziune meiotică
– Globul polar secundar
– Ovocit primar (46 de cromozomi)

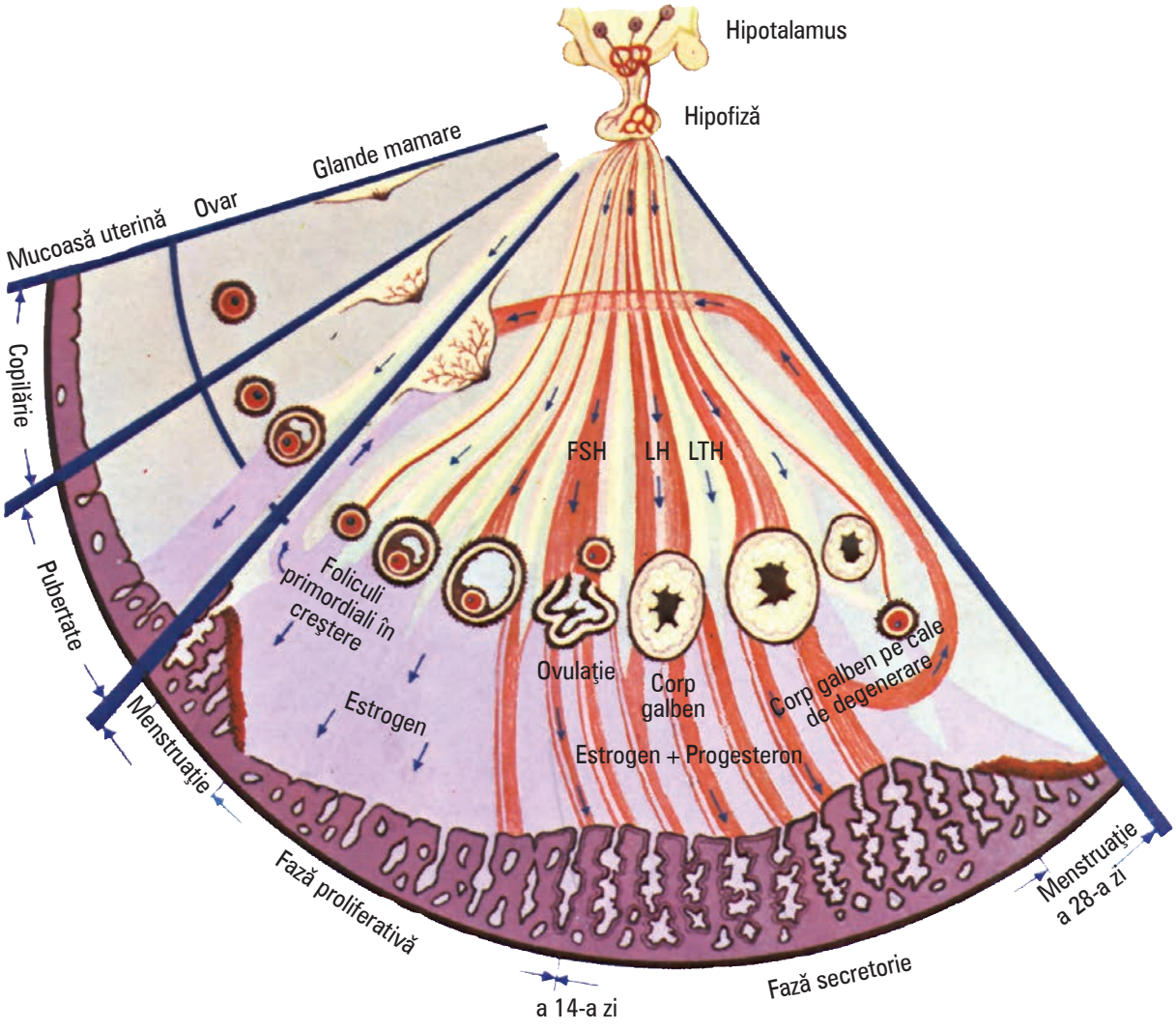

*Spermatogeneză* *Ovogeneză*

**3** • **Alcătuieşte o listă de recomandări pentru fete în vederea evidenţierii prezenţei sau absenţei sarcinii (gestaţiei).**

**4** • **Prezintă într-o hartă morfologică cauzele şi efectele modificării spermatogramei şi propune modalităţi de normalizare a acesteia. Utilizează în acest scop informaţia stocată în codul de bare *QR 1.6.1*.**

*QR 1.6.1*

**5** • **Redactează o comunicare de 3–5 min, pe baza imaginii de mai jos, în care să argumentezi afirmaţiile:** **a)** estrogenii sunt hormonii feminităţii; **b)** progesteronul este hormonul maternităţii.




MATURITATEA SEXUALĂ

**6** • **Întocmeşte, pe baza informaţiei obţinute la lecţie, o listă de acţiuni ce ar contribui la eficientizarea propriului proces de gametogeneză.**

# Legile mendeliene de transmitere a caracterelor ereditare



Legile de bază ale eredităţii au fost descoperite de G. Mendel în 1865. Ele au fost expuse în lucrarea sa „Cercetări asupra hibridării plantelor". G. Mendel a efectuat experimentele având ca obiect de studiu 22 de soiuri de mazăre (*Pisum sativum*). Aceste soiuri se caracterizau printr-un şir de caracter distinctive după culoarea şi forma bobului, culoarea florii, a păstăilor, a cotiledoanelor etc.

Pentru a stabili legităţile moştenirii caracterelor, G. Mendel încrucişa formele parentale (liniile pure) şi analiza descendenţa. Aceasta este **metoda hibridologică,** sau **analiza genetică**.

El a argumentat rezultatele obţinute prin calcule matematice minuţioase.

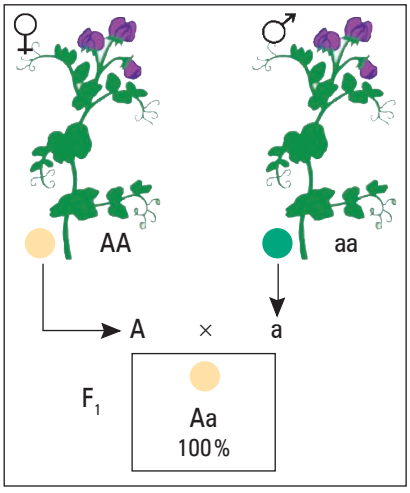
Rezultatele date au permis:

- cunoaşterea mecanismelor de transmitere a caracterelor ereditare:
- prognozarea rezultatelor încrucişărilor;
- obţinerea a noi rase de animale şi soiuri de plante.

**Simboluri genetice**

| | | |
|---|---|---|
| **P** | – | forme parentale; |
| ♀ | – | genotip femel; |
| ♂ | – | genotip mascul; |
| × | – | încrucişare; |
| **F(G)$_{1,2...}$** | – | generaţia (1,2...); |
| **A (+)** | – | alela dominantă a genei; |
| **a** | – | alela recesivă a genei; |
| **AA (aa)** | – | genotip homozigot (formează un tip de gameţi şi nu segregă în descendenţă); |
| **Aa** | – | genotip heterozigot (formează două sau mai multe tipuri de gameţi şi segregă în descendenţă); |
| **Genotip** | – | totalitatea de gene ale organismului; |
| **Fenotip** | – | totalitatea de caractere externe ale organismului. |

## Încrucişarea monohibridă



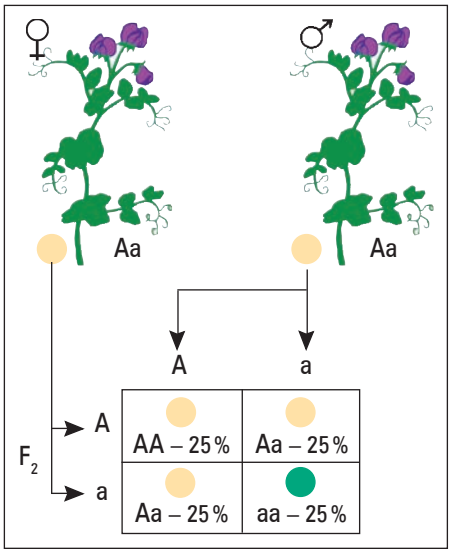

G. Mendel a încrucişat două forme de mazăre ce se deosebeau după un caracter (de exemplu, forma bobului, culoarea bobului) şi a obţinut în prima generaţie ($F_1$) o descendenţă uniformă. Această descendenţă poseda caracterul dominant (forma netedă a bobului, culoarea galbenă a bobului).

La autopolenizarea plantelor hibride (Aa) din prima generaţie, în generaţia a doua ($F_2$) s-au obţinut plante cu caracterul dominant şi plante cu caracterul recesiv. De fiecare dată, raportul dintre aceste plante era de aproximativ 3:1 (vezi tabelul de la p. 30).

Pentru a explica aceste rezultate, G. Mendel a presupus existenţa în nucleul celular a unor factori ereditari sub formă de pereche. În procesul de formare a gameţilor (în cadrul meiozei) are loc separarea factorilor ereditari. Ca urmare, în fiecare gamet ajunge câte un factor ereditar, asigurând puritatea lor.

În baza rezultatelor încrucişării monohibride, G. Mendel a formulat următoarele legi:

*Legea uniformităţii primei generaţii* – la încrucişarea liniilor pure (indivizilor homozigoţi), ce se deosebesc după un caracter (sau mai multe), în prima generaţie descendenţa este uniformă după caracterul dominant.

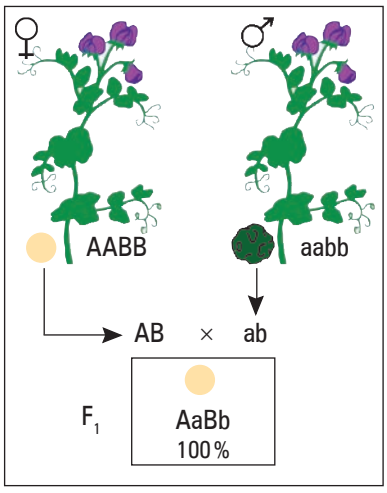


*Legea segregării* – la încrucişarea hibrizilor primei generaţii, în generaţia a doua se obţine o segregare după fenotip în raport de 3:1.

**Segregarea caracterelor în generaţia a doua ($F_2$), conform experienţelor lui G. Mendel**

| Caracterul analizat | Tipul moştenirii | | Nr. de descendenţi | | Raportul | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | dominantă | recesivă | dominanţi | recesivi | dominanţi | recesivi |
| 1. Forma boabelor | netedă | zbârcită | 5474 | 1850 | 2,99 | 1,01 |
| 2. Culoarea boabelor | galbenă | verde | 6022 | 2001 | 3,00 | 1,00 |
| 3. Consistenţa păstăilor | tare | moale | 882 | 299 | 2,99 | 1,01 |
| 4. Culoarea păstăilor | verde | galbenă | 428 | 152 | 2,95 | 1,05 |
| 5. Culoarea florilor | purpurie | albă | 705 | 224 | 3,04 | 0,96 |
| 6. Aranjarea florilor | axială | terminală | 651 | 207 | 3,03 | 0,97 |
| 7. Înălţimea plantei | înaltă | pitică | 787 | 277 | 2,96 | 1,04 |
| **Total** | | | **14 959** | **5010** | **2,99** | **1,01** |

## Încrucişarea dihibridă şi polihibridă




G. Mendel a încrucişat un soi de mazăre cu boabe galbene şi netede (caractere dominante) cu un soi cu boabe verzi şi zbârcite (caractere recesive). În prima generaţie a obţinut plante cu boabe de culoare galbenă şi forma netedă (*legea uniformităţii primei generaţii*).

La încrucişarea hibrizilor $F_1$ în generaţia a doua, G. Mendel a obţinut patru clase fenotipice, şi anume:

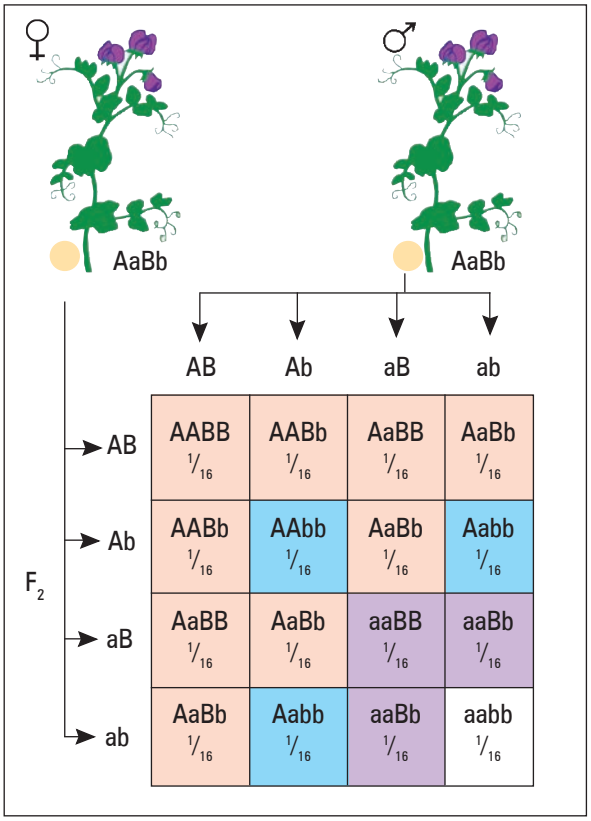
- boabe galbene, netede – 315
- boabe galbene, zbârcite – 101
- boabe verzi, netede – 108
- boabe verzi, zbârcite – 32

total – 556

Raportul dintre aceste clase era de 9 : 3 : 3 : 1.

Apariţia de noi fenotipuri în generaţia a doua se explică prin faptul că hibrizii diheterozigoţi (AaBb) formează patru tipuri de gameţi (AB, Ab, aB şi ab). Aceşti gameţi pot fi masculini sau feminini şi formează 16 combinaţii. Analizele acestor combinaţii relevă o anumită legitate: *fiecare pereche de caractere segregă în raport de 3:1* (12 combinaţii cu boabe galbene şi 4 cu boabe verzi; 12 combinaţii cu boabe netede şi 4 cu boabe zbârcite).

Astfel a fost dedusă *legea segregării independente* – la încrucişarea formelor parentale, ce se deosebesc după două sau mai multe caractere, segregarea după fenotip în generaţia a doua se produce independent după fiecare pereche de caractere în raport de $(3:1)^n$, unde *n* reprezintă tipul încrucişării.

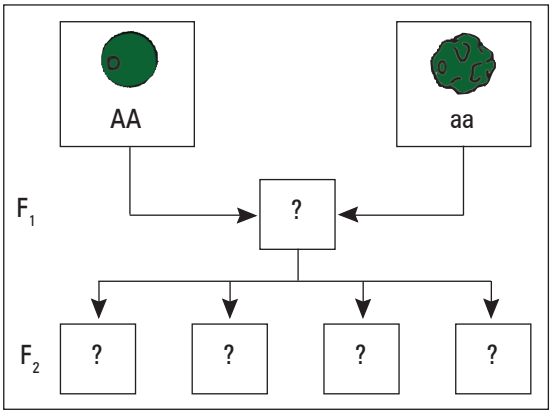



*Notă:* Legea segregării independente este valabilă dacă sunt satisfăcute anumite condiţii:

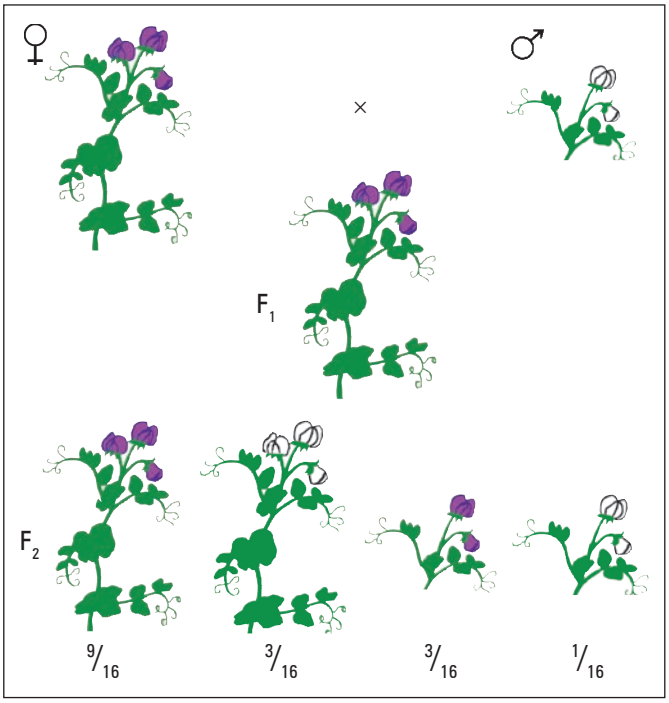
1. gameţii feminini şi cei masculini posedă aceeaşi viabilitate;
2. contopirea gameţilor feminini cu cei masculini este randomizată (la întâmplare);
3. genele ce determină caracterele respective sunt localizate în cromozomi diferiţi (*nu sunt înlănţuite*);
4. genele ce determină caracterele respective sunt localizate în autozomi (*nu sunt cuplate cu sexul*);
5. genele ce determină caracterele respective *nu interacţionează între ele*.

**1** • **Scrie un exemplu prin care să demonstrezi esenţa metodei hibridologice şi funcţionalitatea ei.**

**2** • **Desenează în caiet o schemă asemănătoare celei alăturate.**
• **Notează în locul semnelor de întrebare informaţia omisă şi defineşte legile lui G. Mendel pe baza rezultatelor încrucişării monohibride.**



**3** • **Demonstrează pe baza imaginii alăturate esenţa încrucişării dihibride realizată de G. Mendel şi notează prin simboluri genetice acest experiment.**




**4** • **Completează tabelul în caiet.**

| Criterii de deosebire | Încrucişarea monohibridă | Încrucişarea dihibridă |
|---|---|---|
| Numărul de caractere analizate la încrucişare | | |
| Numărul de clase fenotipice în $F_1$ | | |
| Numărul de clase genotipice în $F_2$ | | |

**5** • **Rezolvă următoarele probleme:**

**a)** Deprinderea omului de a lucra cu mâna dreaptă domină deprinderea de a lucra cu mâna stângă. O femeie heterozigotă s-a căsătorit cu un bărbat dreptaci. Determină genotipurile şi fenotipurile posibile ale copiilor din această familie.

**b)** La tomate, culoarea roşie a fructelor domină culoarea galbenă. Ce descendenţă se poate obţine la încrucişarea unei plante ale cărei fructe au culoare roşie (heterozigotă) cu o plantă ale cărei fructe au culoare galbenă.

**c)** La om, gena ce determină culoarea căpruie a ochilor domină gena ce determină culoarea albastră, iar gena ce determină părul ondulat domină gena ce determină părul drept. Stabileşte fenotipul copiilor, dacă tata are ochi albaştri şi păr ondulat, iar mama – ochi căprui şi păr drept.

**6** • **Explică părinţilor tăi de ce nu vor obţine doar boabe de mazăre galbene şi netede, dacă vor semăna astfel de boabe recoltate din plantele crescute în propria grădină.**

**7** • **Intitulează textul şi argumentează-ţi opţiunea pentru acest titlu.**

Legile eredităţii descoperite de G. Mendel sunt fucţionale prin faptul că arată modul cum se realizează segregarea caracterelor la hibrizi şi, în general, cum se transmit ele de-a lungul generaţiilor. Aceste legi constituie baza teoretică şi practică a cercetărilor de ameliorare a plantelor şi animalelor. Hibrizii heterozigoţi din F1 au o vigoare sporită, ceea ce le oferă un avantaj în producţie. Prin combinarea factorilor ereditari ai genitorilor se pot produce soiuri şi rase noi.

În genetica umană, cunoscând modul de transmitere a unor caractere normale sau patologice, se poate interveni prin „sfaturi genetice” pentru reducerea frecvenţei unor maladii ereditare, datorate, în majoritatea cazurilor, unor gene recesive care ajung în stare homozigotă.

**8** • **Rezolvă următoarea situaţie-problemă:**

Ai înfiinţat o gospodărie agricolă şi doreşti să cultivi mazăre cu boabe verzi şi păstăi moi, dar amelioratorii îţi pot oferi doar boabe galbene hibride de mazăre.

• **Notează schema acţiunilor consecutive (vezi p. 176) pe care le vei respecta pentru a obţine rezultatul dorit.**

# Moştenirea înlănţuită a caracterelor

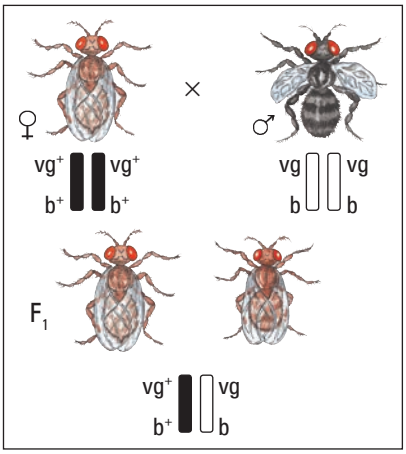


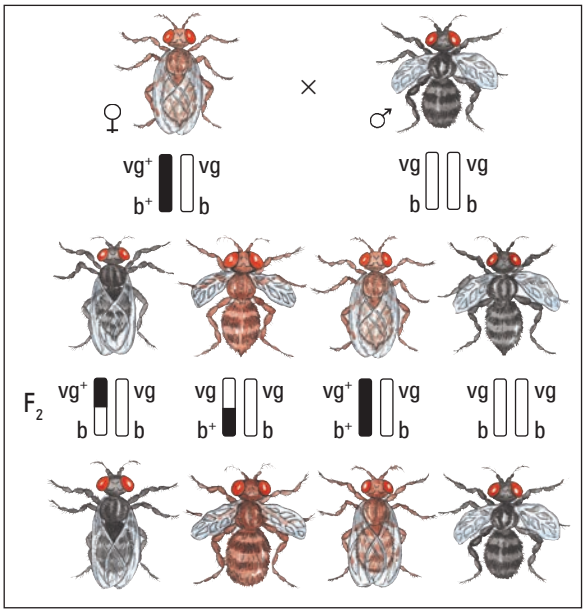
Numărul de caractere (gene) depăşeşte cu mult numărul de cromozomi din organism. Este evident, astfel, că un cromozom conţine mai multe gene. Moştenirea caracterelor determinate de aceste gene se deosebeşte de legităţile stabilite de G. Mendel.

Moştenirea caracterelor înlănţuite (genele ce determină caracterele respective se află în acelaşi cromozom) a fost stabilită de T.H. Morgan şi colaboratorii săi (C.B. Bridges, A.H. Stertevant, H.J. Müller).

În calitate de obiect de studiu au servit musculiţele de oţet (*Drosophila melanogaster*). Aceste musculiţe se caracterizează printr-o prolificitate înaltă. Ele au un ciclu scurt de dezvoltare (circa 12 zile) şi prezintă un număr mare de mutaţii.

Iniţial, s-au încrucişat femele de drosofilă homozigote care aveau aripi normale ($vg^+vg^+$) şi corp cenuşiu ($b^+b^+$) cu masculi homozigoţi cu aripi vestigiale ($vg\,vg$) şi corp negru ($b\,b$). În prima generaţie au rezultat doar musculiţe diheterozigote cu aripi normale şi corp cenuşiu ($vg^+vg\,/\,b^+b$).




La încrucişarea femelelor homozigote după caracterele recesive ($vg\,vg\,/\,b\,b$) cu masculi diheterozigoţi ($vg^+vg\,/\,b^+b$) s-au obţinut doar două clase fenotipice, şi anume:

– 50% de musculiţe cu aripi normale şi corp cenuşiu ($vg^+vg\,/\,b^+b$);

– 50% de musculiţe cu aripi reduse şi corp negru ($vg\,vg\,/\,b\,b$).

În urma acestor rezultate, T. Morgan a conchis că genele ce determină forma aripilor şi culoarea corpului la drosofilă sunt localizate în acelaşi cromozom, sunt înlănţuite şi se transmit împreună.

Înlănţuirea genelor localizate în acelaşi cromozom poate fi:

- **completă** – între aceste gene nu se realizează crossing-overul;
- **incompletă** – între aceste gene se realizează crossing-overul.

La încrucişarea femelelor heterozigote ($vg^+\,vg\,/\,b^+b$) cu masculi homozigoţi ($vg\,vg\,/\,b\,b$) s-au obţinut patru clase fenotipice, dar într-un raport ce se deosebea de cel teoretic aşteptat (25%:25%:25%:25%).

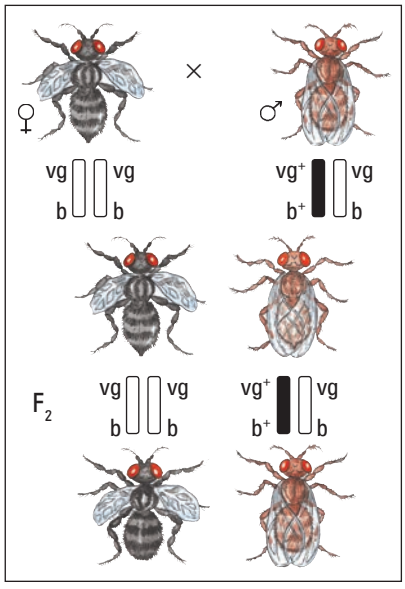
Acest raport era următorul:

– 8,5% de musculiţe cu aripi normale şi corp negru ($vg^+vg\,/\,b\,b$);

– 8,5% de musculiţe cu aripi reduse şi corp cenuşiu ($vg\;vg\,/\,b^+b$);

– 41,5% de musculiţe cu aripi normale şi corp cenuşiu ($vg^+vg\,/\,b^+b$);

– 41,5% de musculiţe cu aripi reduse şi corp negru ($vg\,vg\,/\,b\,b$).



Crossing-overul (schimb de fragmente între cromatidele-nesurori ale cromozomilor omologi) se realizează în profaza I a meiozei. Anume crossing-overul asigură o diversitate genetică mai mare printre descendenţi.

Intensitatea crossing-overului depinde de:

1. **factorii interni**

• *distanţa dintre gene* – cu cât este mai mare distanţa dintre două gene, cu atât este mai mare procentul de crossing-over;

• *poziţia centromerului* – de regulă, centromerul blochează crossing-overul dintre genele localizate de ambele părţi ale centromerului;

• *sexul* – la unele sexe (masculii drosofilei, femelele viermelui de mătase) crossing-overul este blocat.

2. **factorii externi**

• *fizici* (radiaţia, temperatura);

• *chimici* (substanţele mutagene);

• *biologici* (virusurile).

Intensitatea crossing-overului permite localizarea genelor în cromozomi, deoarece aşezarea lor este liniară. Distanţa dintre gene se măsoară în morganide, care reprezintă intensitatea crossing-overului dintre aceste gene (1 morganidă echivalează cu 1 % de crossing-over). De exemplu, în cazul analizat anterior se poate conchide că distanţa dintre genele ce determină forma aripilor şi culoarea corpului la drosofilă este de 17 morganide (8,5 % + 8,5 % de musculiţe crossovere).

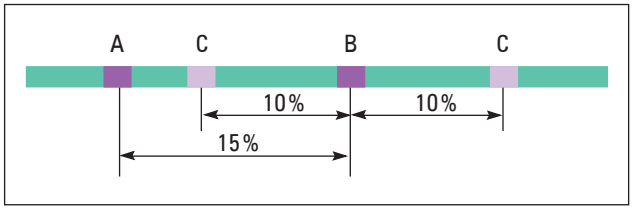
Totalitatea genelor dintr-un cromozom formează un **grup linkage** (din engl. *linkage* – legat). Numărul de grupuri linkage este egal cu numărul haploid de cromozomi. (La sexul heterogametic fiecare tip de cromozom sexual [X şi Y] formează un grup linkage aparte.)

În urma investigaţiilor efectuate, T. Morgan a elaborat **teoria cromozomială a eredităţii**. Postulatele principale ale acestei teorii sunt:

1. genele în cromozomi sunt aşezate liniar, fiecare ocupând un anumit locus;
2. genele localizate în acelaşi cromozom se transmit înlănţuit;
3. înlănţuirea genelor poate fi completă sau incompletă.

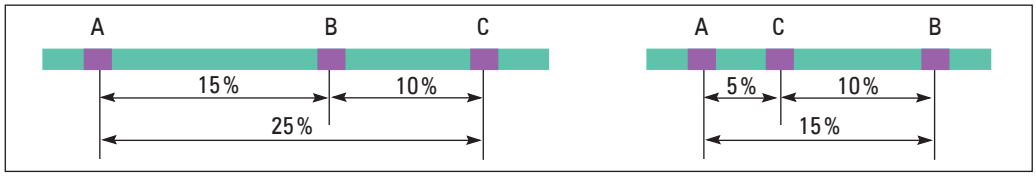
**Harta cromozomială** este o reprezentare grafică a poziţiei, a ordinii şi a distanţei dintre gene pe un cromozom.

Întocmirea hărţilor cromozomiale se bazează pe numeroase încrucişări de analiză hibridologică. De exemplu, avem trei gene înlănţuite (localizate în acelaşi cromozom) A, B şi C. Dacă la încrucişarea a doi indivizi care se deosebeau după genele A şi B s-au obţinut 15 % de organisme recombinate, distanţa dintre aceste gene este egală cu 15 unităţi de recombinare (morganide).




Pentru a determina poziţia genei C în cromozomul respectiv, este necesar să stabilim procentul de recombinări ale acestei gene cu genele A şi B. Dacă între gena C şi gena B se obţin 10 % de forme recombinate, putem presupune că gena C este dispusă între genele A şi B sau de partea opusă a genei B.

În continuare, aflăm procentul de recombinări între genele A şi C. Dacă procentul este de 25 %, ordinea genelor în cromozom este A, B, C, iar dacă el constituie 5 %, ordinea genelor este A, C, B (vezi schema).




Cele mai detaliate hărţi cromozomiale au fost alcătuite pentru drosofilă, porumb şi tomate. În cadrul proiectului internaţional „Genomul uman", a fost descifrat genomul omului.

**1** • **Răspunde la următoarele întrebări:**

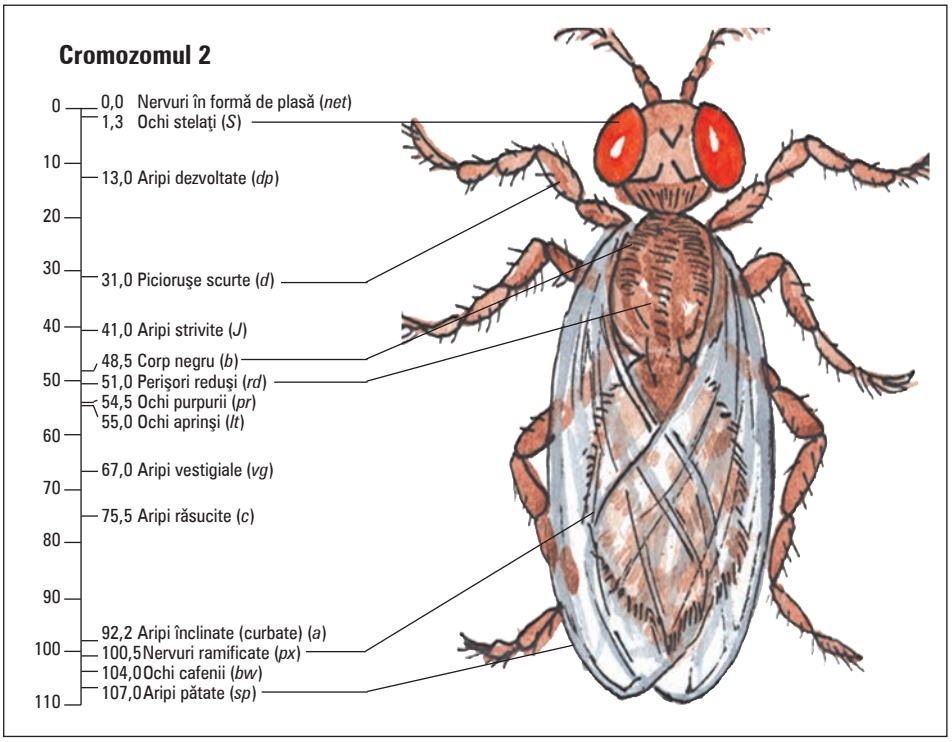
**a)** Câte caractere posedă un om?
**b)** Câţi cromozomi are omul?
**c)** Caracterele ereditare la om se transmit conform legilor lui Mendel?
**d)** Ce concluzie rezultă din răspunsurile la aceste întrebări?

**2** • **Descrie experimentul realizat de T. Morgan şi rezultatele obţinute.**

**3** • **Prezintă, într-un clustering, factorii ce influenţează crossing-overul.**

**4** • **Alcătuieşte, pe baza analizei hărţii genetice a unui cromozom al musculiţei de oţet (Drosophila melanogaster), prezentată în imaginea de mai jos, două probleme care să reflecte:**

**a)** moştenirea a două caractere înlănţuite; **b)** determinarea distanţei dintre două gene.




**5** • **Explică termenul** hărţi cromozomiale **într-un text din 3–5 propoziţii, pe baza informaţiei stocate în codul de bare *QR 1.8.1*.**

*QR 1.8.1*

**6** • **Elaborează un poster în care să ilustrezi (prin desen, schemă etc.) teoria cromozomială a eredităţii.**

*QR 1.8.2*

**7** • **Argumentează afirmaţia pe baza unui exemplu concret:**

Harta genetică este un factor important pentru om.

**Utilizează în acest scop informaţia stocată în codul de bare *QR 1.8.2*.**

# 1.9 Moştenirea caracterelor cuplate cu sexul

Particularităţile de sex ale organismelor sunt determinate genetic. Prin **sex** (din lat. *sexus* – sex) se înţelege un anumit genotip din cadrul populaţiei, care se caracterizează prin reproducerea gameţilor de un anumit tip, capabili să formeze un zigot prin fuziunea cu un alt gamet complementar. Fenotipic, sexul reprezintă un ansamblu de însuşiri morfofiziologice, structuri, funcţii etc., în baza cărora un animal sau o plantă se consideră femelă sau mascul.

Sexul individului este determinat de tipul gameţilor care participă la fecundaţie. Aceşti gameţi se caracterizează printr-un anumit număr şi tip de cromozomi (autozomi şi heterozomi).

Există diferite tipuri de determinism cromozomial al sexelor:

1. Tipul *Drosophila*

• este caracteristic mamiferelor (inclusiv omului), amfibienilor, peştilor, arahnidelor, moluştelor, viermilor, cânepei etc.;

• femela este homogametică (conţine doi cromozomi sexuali identici [XX] şi formează un tip de gameţi [la om – 22+X]);

• masculul este heterogametic (conţine cromozomi sexuali diferiţi [XY] şi formează două tipuri de gameţi [la om – 22+X şi 22+Y]);

• sexul viitorului organism este determinat de mascul.

2. Tipul *Abraxas*

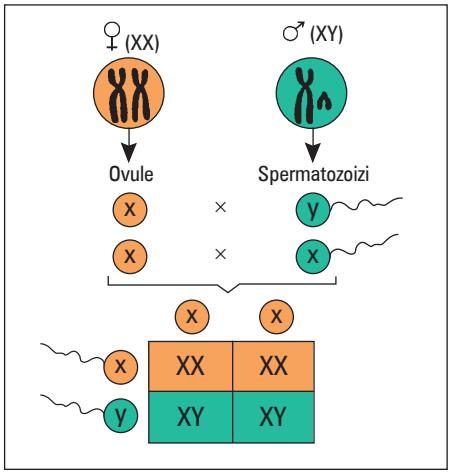
• este caracteristic unor specii de păsări, amfibieni, reptile, fluturi;

• femela este heterogametică;

• masculul este homogametic;

• sexul viitorului organism este determinat de femelă.

3. Tipul *Protenor*




• este caracteristic unor insecte (ortoptere, hemiptere);

• femela este homogametică;

• masculul este heterogametic, dar nu posedă cromozomul *Y*, care a dispărut în procesul evoluţiei;

• sexul viitorului organism este determinat de mascul.

La majoritatea organismelor (inclusiv la om) raportul de sexe este de 1:1. Cum se explică aceasta? În cadrul gametogenezei, femeile formează un singur tip de ovule (cu 22 de autozomi şi un cromozom sexual – 22A+X), iar bărbaţii – două tipuri de spermatozoizi (22A+X şi 22A+Y) în raport egal (50 % : 50 %).

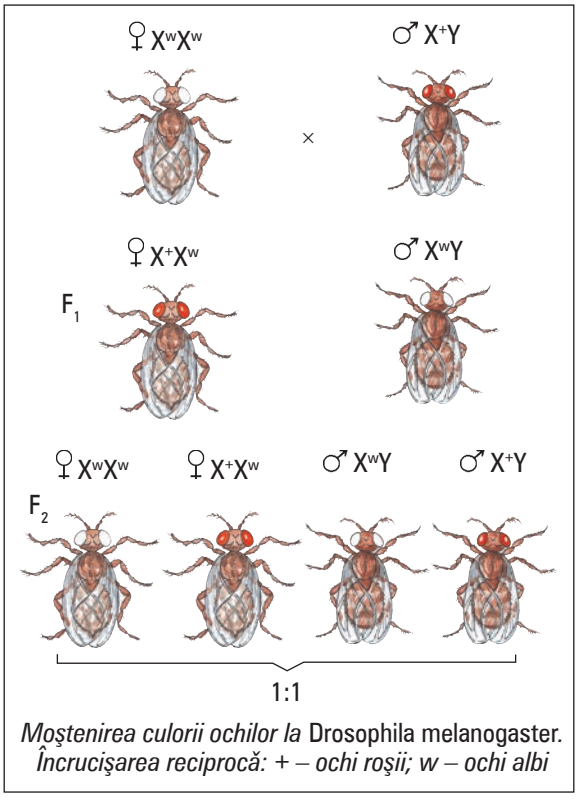
În prima generaţie, la combinarea unui ovul (22A+X) cu un spermatozoid de tipul 22A+X se va forma un zigot din care se va dezvolta o fetiţă (44A+XX). La combinarea unui ovul (22A+X) cu un spermatozoid de tipul 22A+Y se va forma un zigot din care se va dezvolta un băieţel (44A+XY). Evident, se vor forma în proporţii egale: 50 % : 50 % (1:1).

Se pot depista şi abateri de la acest raport (uneori foarte esenţiale), care se explică prin particularităţile de specie ale unor organisme şi prin faptul că sexul poate fi influenţat de factorii interni (hormoni) şi externi (mediu).

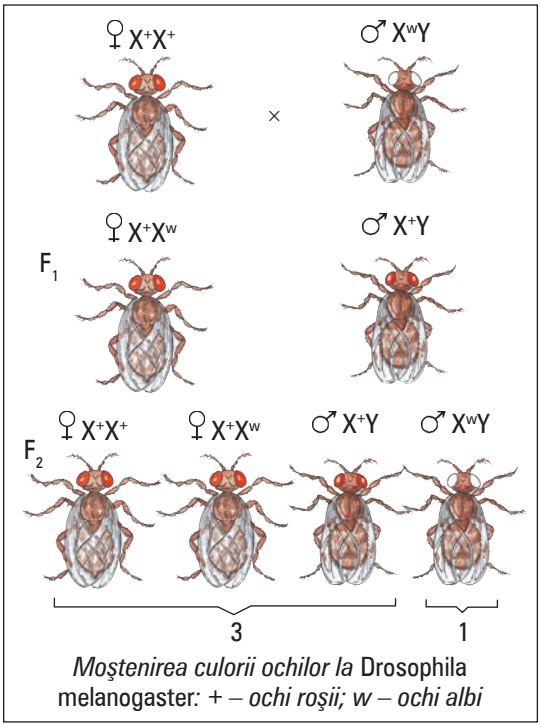
Descoperirea mecanismului cromozomial de determinare a sexelor a demonstrat că o serie de caractere se transmit cuplate cu un anumit sex. Legităţile moştenirii caracterelor cuplate cu sexul au fost descoperite de T.H. Morgan şi colaboratorii săi, folosind ca obiect de studiu musculiţele de oţet. (Transmiterea unor boli cuplate cu sexul, hemofilia, de exemplu, a fost descrisă cu mult înainte de aceste descoperiri.)

La încrucişarea femelelor de drosofilă cu ochi roşii ($X^+ X^+$) cu masculi cu ochi albi ($X^w$ Y) – în prima generaţie –, toate musculiţele descendente aveau ochi roşii. La încrucişarea hibrizilor $F_1$ în generaţia a doua se obţineau două clase fenotipice în raport de 3:1 (75% de musculiţe cu ochi roşii : 25% de musculiţe cu ochi albi).

Dacă se încrucişau femele de drosofilă cu ochi albi ($X^w X^w$) cu masculi cu ochi roşii ($X^+$ Y), deja în prima generaţie se obţineau două clase fenotipice (contrar uniformităţii aşteptate): 50% de musculiţe (femelele) aveau ochi roşii, iar 50% (masculii) – ochi albi. La încrucişarea hibrizilor din prima generaţie, în generaţia a doua se obţineau aceleaşi clase fenotipice în raport de 50% : 50%. În general, masculii şi femelele se obţin în proporţii egale (după genotip, raportul este de 1:1:1:1).




*Moştenirea culorii ochilor la* Drosophila melanogaster. *Încrucişarea reciprocă: + – ochi roşii; w – ochi albi*




*Moştenirea culorii ochilor la* Drosophila melanogaster*: + – ochi roşii; w – ochi albi*

Moştenirea caracterelor când descendenţa se aseamănă cu părinţii de sex opus se numeşte *criss-cross* (sau ereditate în cruce).

La om se moştenesc un şir de caractere cuplate cu sexul, printre care *hemofilia* (lipsa unei enzime necesare coagulării sângelui este determinată de o genă recesivă localizată în cromozomul X), *daltonismul* (genă recesivă cuplată cu cromozomul X, dereglează formarea corpilor senzitivi pe retina ochilor, necesari distingerii culorilor).

Hemofilia poate fi depistată numai la bărbaţi. Formele femele homozigote ($X^h X^h$) sunt letale şi nu se nasc. Daltonismul cunoaşte o frecvenţă mult mai mare la bărbaţi decât la femei.

La analiza legităţilor moştenirii caracterelor cuplate cu sexul, tragem următoarele concluzii:

1. Caracterele ale căror gene sunt localizate în cromozomul X se transmit de la mamă la fiu sau fiică şi de la tată la fiică (ereditate în cruce).

2. Caracterele ale căror gene sunt localizate în cromozomul Y se transmit de la tată la fiu (drept exemplu poate servi *hipertricoza* – prezenţa din abundenţă a părului pe corp).

3. Manifestarea unor caractere este dirijată de sex (chelia la bărbaţi se manifestă atât la homozigoţi, cât şi la heterozigoţi, deoarece modificarea dominanţei genei este determinată de hormonii sexuali).

Cunoaşterea mecanismelor moştenirii caracterelor cuplate cu sexul prezintă un deosebit interes, deoarece acestea permit prognozarea caracterului la descendenţi.

**1** • **Completează în caiet câte o schemă asemănătoare celei de mai jos pentru tipurile:** *Drosophilă*, *Abraxas*, *Protenor*. **Completează spaţiul cu informaţia omisă.**

Tipul ... este caracteristic pentru ..., ..., ..., ....

| ♀ | | ♂ |
|---|---|---|
| _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ | Heterozomi specifici | _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ |
| _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ | Gameţi (cromozomi caracteristici) | _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ |

Sexul viitorului organism este determinat de ....

**2** • **Prezintă schematic legitatea respectării la om a raportului dintre sexe de 1:1.**

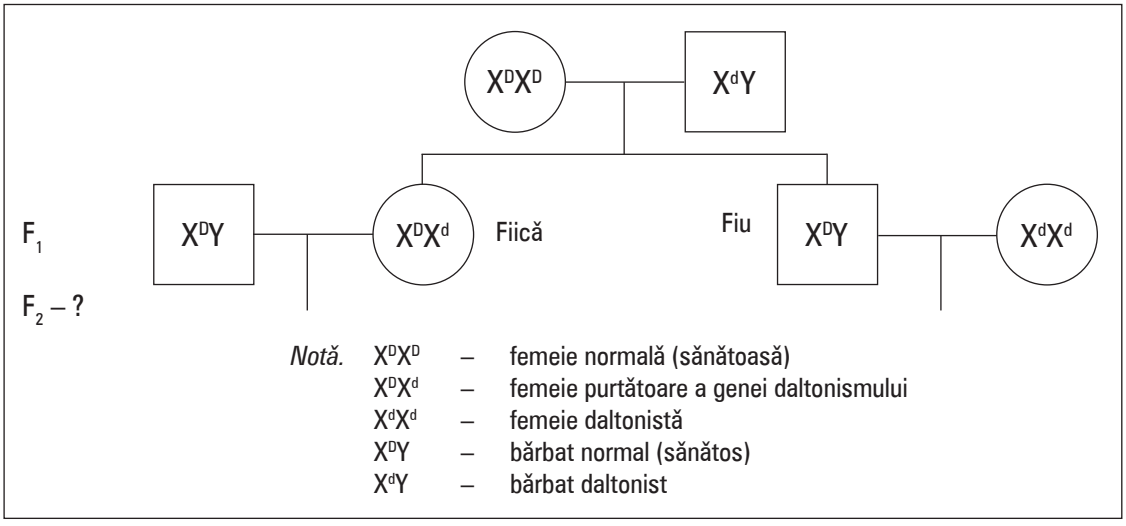
**3** • **Corelează heterozomii din coloana *A* cu caracterele din coloana *B*.**

| A | B |
|---|---|
| 1 – X | a – hemofilie |
| 2 – Y | b – ureche păroasă |
| | c – daltonism |

**4** • **Prezintă relaţiile dintre următorii termeni în cercurile lui Eyler:**
**a)** tipul Protenor, tipul Drosophila;
**b)** caractere cuplate cu sexul, hemofilie, daltonism.

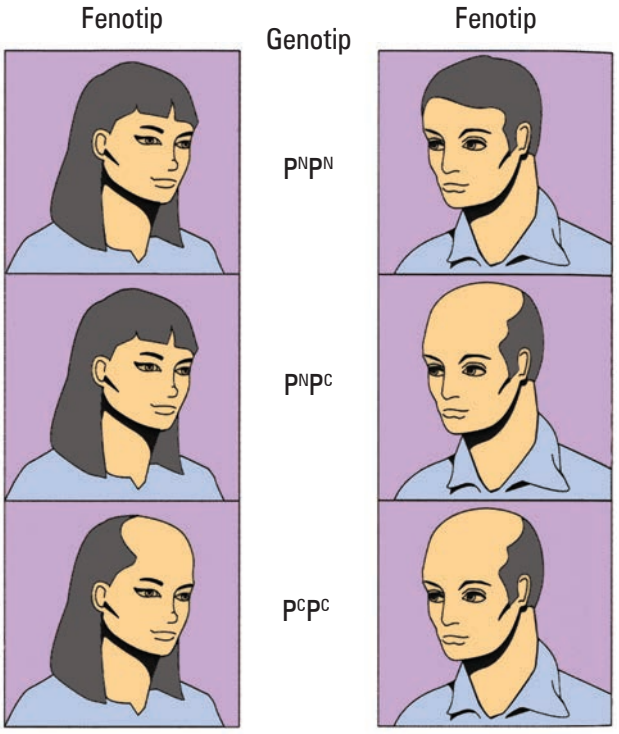
**5** • **Elaborează o planşă instructivă (în variantă electronică sau pe hârtie), prin care să demonstrezi fenomenul criss-cross şi legităţile moştenirii caracterelor cuplate cu sexul.**

**6** • **Completează schema cu generaţia a II-a, dacă din căsătoria fiicei s-au născut doi băieţi şi două fete, iar din căsătoria fiului s-a născut un băiat. Comentează genotipurile şi manifestarea genei ce determină daltonismul la nepoţi.**




*Notă.* $X^DX^D$ – femeie normală (sănătoasă)
$X^DX^d$ – femeie purtătoare a genei daltonismului
$X^dX^d$ – femeie daltonistă
$X^DY$ – bărbat normal (sănătos)
$X^dY$ – bărbat daltonist

**7** • **Explică, pe baza imaginilor de mai jos, moştenirea unor caractere care se manifestă în mod diferit la bărbaţi şi la femei.**




**8** • **Explică compatibilitatea diferită a relaţiilor dintre membrii familiei pe baza informaţiei stocate în codul de bare *QR 1.9.1*, subparagraful 1.5:** Dincolo de legile mendeliene. Ereditatea legată de sex **(p. 23).**

• **Scrie dacă se adevereşte această legitate în familia ta.**

*QR 1.9.1*

**9** • **Argumentează în ce caz, în situaţia descrisă mai jos, se poate naşte un copil sănătos:**

În familia X, care au un băiat bolnav de hemofilie, urmează să se nască încă un copil. Părinţii sunt foarte îngrijoraţi că se va naşte un copil bolnav de această boală.

## Moştenirea caracterelor în cazul interacţiunii genelor

Genotipul nu reprezintă o totalitate simplă a genelor, ci un sistem integral şi complicat. În organism funcţionează concomitent o mulţime de gene localizate într-o pereche de cromozomi omologi sau în diferiţi cromozomi. Anumite gene acţionează asupra manifestării altor gene. În cadrul ontogenezei, dezvoltarea oricărui caracter al organismului este rezultatul unor interacţiuni complexe dintre gene.

Tipurile principale de interacţiune a genelor:

1. **Interacţiunea genelor alele** (gene alele sunt genele ce ocupă acelaşi locus în cromozomii omologi şi condiţionează formarea unor caractere alternative; în meioză, genele alele ajung în gameţi diferiţi).

Există câteva tipuri de interacţiune a genelor alele:

a) dominanţă incompletă;

b) alelism multiplu;

c) pleiotropia.

2. **Interacţiunea genelor nealele** (gene nealele sunt genele care se află în diferite locusuri pe un cromozom sau în cromozomi diferiţi).

Există câteva tipuri de interacţiune a genelor nealele:

a) complementaria;

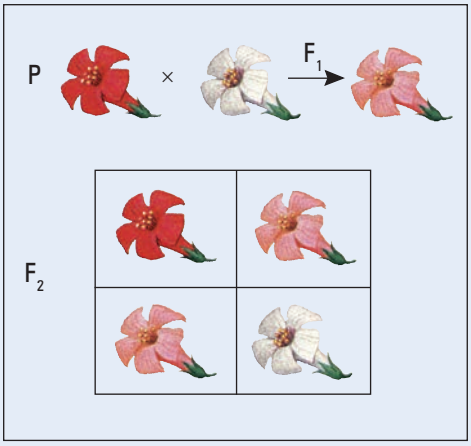
b) epistazia;

c) polimeria.

Genele alele şi nealele, interacţionând între ele, pot provoca efecte diferite: o genă inhibă sau stimulează acţiunea altei gene; două gene împreună determină un nou caracter etc. Aşadar, în cazul interacţiunii genelor, legile lui G. Mendel nu sunt valide, iar segregările clasice sunt modificate:

$3:1 \longrightarrow 1:2:1;$

$9:3:3:1 \longrightarrow 13:3;\ 12:3:1;\ 9:3:4;\ 9:7;\ 9:6:1;\ 15:1.$




**1a. Dominanţa incompletă.** Dominanţa reprezintă predominarea efectului unei gene din perechea de gene alele, manifestându-se prin faptul că alela dominantă suprimă manifestarea alelei recesive. Dominanţa deplină (ca şi recesivitatea deplină) se întâlneşte mai rar. În majoritatea cazurilor, se manifestă diferite forme (de la dominanţa deplină până la moştenirea intermediară) de dominare incompletă.

În cazul **dominanţei incomplete,** gena dominantă inhibă incomplet acţiunea genei alele. La heterozigoţi funcţionează ambele gene, de aceea, la nivel de fenotip, caracterul se manifestă în formă intermediară. Legea uniformităţii din prima generaţie nu-şi pierde importanţa, iar în generaţia a doua urmaşii segregă fenotipic în trei clase în raport de 1 : 2 : 1.

*Exemple*: culoarea florii la unele plante (regina-nopţii, gura-leului), unele anomalii ereditare la om (anemia cu hematii falciforme, pierderea progresivă a coordonării mişcărilor voluntare, cistinuria etc.).

**1b. Alelismul multiplu.** În populaţie se întâlnesc uneori nu doar două gene alele, ci trei, patru sau mai multe. Ele apar ca rezultat al diferitor mutaţii ale aceluiaşi locus. Fiecare individ poate avea cel mult două gene alele, dar în populaţie numărul lor este nelimitat.

Şirul de trei sau mai multe forme alternative ale unei gene care ocupă acelaşi locus în cromozom formează **alele multiple**. Astfel, pe lângă alela dominantă şi cea recesivă a genei, apar alele intermediare, care se manifestă faţă de gena dominantă ca alele recesive, iar faţă de cea recesivă – ca alele dominante ale aceleiaşi gene. În acest caz, se formează şirul succesiv de dominare: $a^1 > a^2 > a^3 > a^4 \ldots > a^n$.

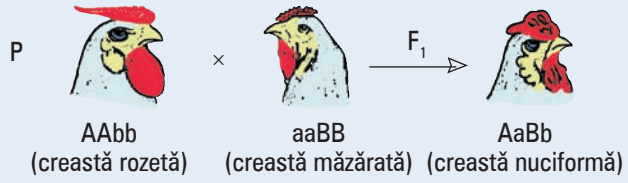
*Exemple*: culoarea blănii la cobai (este determinată de cinci alele ale aceluiaşi locus) şi la iepurele de casă (este determinată de patru alele ale aceluiaşi locus); grupele sangvine (în sistemul ABO grupele sangvine sunt determinate de trei alele ale aceluiaşi locus) şi culoarea ochilor la om.

**1c. Pleiotropia** reprezintă determinarea câtorva caractere de o singură genă. În acest caz, se poate observa efectul multiplu al genei. Fenomenul respectiv a fost descoperit de G. Mendel (deşi nu l-a studiat în mod special). G. Mendel a observat că la plantele cu flori purpurii întotdeauna este prezentă culoarea roşie la baza peţiolului frunzei, iar tegumentul seminal are o culoare brună.

La drosofilă, gena culorii albe a ochilor exercită o influenţă şi asupra culorii corpului, lungimii aripilor, structurii aparatului genital, prolificităţii şi duratei vieţii.

La om este cunoscută *boala lui Morfan*, ce determină arahnodactilia sau „degetele de păianjen" – foarte subţiri şi lungi. Paralel, se observă tulburări în dezvoltarea ţesutului conjunctiv, anomalii în structura cristalinului ochiului, tulburări în sistemul cardiovascular.

**2a. Complementaria** reprezintă un fenomen în cadrul căruia două gene nealele, întâlnindu-se într-un genotip, formează un caracter nou, care nu este asemănător cu niciunul format fără interacţiune. Acest tip de ereditate este foarte răspândit în natură: culoarea florii la planta sângele-voinicului, culoarea corpului la şoareci, forma crestei la găini, coloritul penajului la papagali, forma fructului la dovleac etc.




| ♀ \ ♂ | AB | Ab | aB | ab |
|---|---|---|---|---|
| AB | AABB | AABb | AaBB | AaBb |
| Ab | AABb | AAbb | AaBb | Aabb |
| aB | AaBB | AaBb | aaBB | aaBb |
| ab | AaBb | Aabb | aaBb | aabb |

$F_2$

Interacţiunea complementară a genelor poate fi depistată şi la om. Auzul normal la om este condiţionat de două gene nealele dominante. O genă determină dezvoltarea melcului, iar cealaltă genă – dezvoltarea nervului auditiv. Homozigoţii dominanţi şi diheterozigoţii au auz normal, iar homozigoţii recesivi, cel puţin după una dintre aceste gene, sunt surzi.

Hemoglobina omului adult conţine patru lanţuri polipeptidice (2 lanţuri $\alpha$ şi 2 lanţuri $\beta$), fiecare fiind codificat de o genă independentă. Prin urmare, pentru sinteza moleculei de hemoglobină, se solicită participarea a două perechi de gene complementare.

**2b. Epistazia** reprezintă inhibarea acţiunii alelelor unei gene prin alelele altei gene. De exemplu, AA domină pe Bb, bb domină pe A, aa domină pe B etc. Genele care inhibă acţiunea unor gene nealele se numesc gene epistatice, iar genele inhibate se numesc gene hipostatice. Respectiv, se distinge epistazia dominantă şi epistazia recesivă. În primul caz, genă inhibatoare este gena dominantă, iar în al doilea caz – cea recesivă. În cadrul epistaziei dominante, segregarea după fenotip este de 13 : 3 sau 12 : 3 : 1, iar în cadrul epistaziei recesive – 9 : 3 : 4 sau 9 : 7. Aceste rezultate se datorează faptului că gena (genele) supusă(e) inhibării nu se manifestă.

*Exemple*: culoarea penajului la găini, culoarea părului la câini sau cai, enzimopatiile (boli legate de lipsa anumitor enzime) la om.

**Rase de găini cu penajul alb**

(I – inhibarea culorii, i – lipsa inhibării culorii; A – prezenţa culorii, a – lipsa culorii)

| ♀ \ ♂ | IA | Ia | iA | ia |
|---|---|---|---|---|
| IA | IIAA | IIAa | IiAA | IiAa |
| Ia | IIAa | IIaa | IiAa | Iiaa |
| iA | IiAA | IiAa | iiAA | iiAa |
| ia | IiAa | Iiaa | iiAa | iiaa |

$F_2$

*Epistazia genei dominante şi a genei recesive asupra penajului, relevate prin încrucişarea raselor de găini cu penajul alb* Leghorn *şi* Wyandotte

**2c. Polimeria** este un fenomen în cadrul căruia unul şi acelaşi caracter este determinat de câteva alele. În acest caz, două sau mai multe alele dominante în aceeaşi măsură influenţează dezvoltarea unuia şi aceluiaşi caracter. De regulă, genele polimere se notează cu o singură literă din alfabetul latin, cu indicarea indicelui numeric: $A_1 A_1$ şi $a_1 a_1$; $A_2 A_2$ şi $a_2 a_2$.

După tipul polimeriei, se moştenesc multe caractere cantitative: intensitatea de creştere, masa, înălţimea etc. Polimeria are o semnificaţie biologică: caracterele determinate de aceste gene sunt mai stabile decât cele codificate de o singură genă. Organismul fără gene polimere ar fi extrem de instabil: orice mutaţie ar cauza o variabilitate bruscă, ceea ce, în majoritatea cazurilor, nu prezintă un avantaj.

La om, multe particularităţi morfologice, fiziologice şi patologice sunt determinate de genele polimere: pigmentarea pielii, creşterea în înălţime, masa corpului, mărimea presiunii arteriale. Dezvoltarea unor astfel de caractere este supusă legităţilor eredităţii poligene şi este puternic influenţată de condiţiile mediului.

În baza celor expuse, tragem următoarele concluzii:

1. În fiecare organism funcţionează concomitent mai multe gene alele şi gene nealele.
2. Genele alele şi nealele interacţionează între ele, fenomen ce duce la modificarea segregărilor clasice.
3. Genotipul este un sistem integral de gene, iar fenotipul reprezintă rezultatul interacţiunii genotipului integral cu mediul extern în cadrul ontogenezei individului.

**1** • **Transcrie textul de mai jos, completându-l cu informaţia omisă.**

Moştenirea clasică a caracterelor poate fi influenţată de interacţiunea genelor. Se delimitează: interacţiunea genelor _____ şi interacţiunea genelor _____.

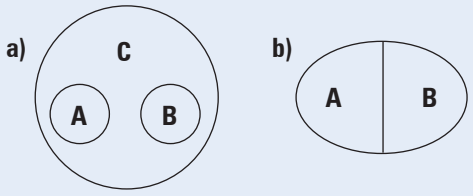
În cazul interacţiunii genelor alele, genele se află în cromozomi _____ şi ocupă acelaşi _____ . În procesul meiozei, genele alele ajung în gameţi _____. Acest tip include câteva variante, şi anume: _____, _____ şi _____ .

În cazul interacţiunii genelor nealele, acestea ocupă _____ diferite şi se află în _____ cromozom sau în cromozomi _____ . Acest tip include următoarele variante: _____, _____ şi _____.

**2** • **Prezintă într-un tabel fiecare tip de moştenire a caracterelor în cazul interacţiunii genelor după următorul algoritm:**

- Defineşte în scris tipul de interacţiune a genelor.
- Descrie particularităţile manifestării caracterelor pentru acest tip.
- Notează cel puţin 3 exemple pentru acest tip de interacţiune a genelor.

**3** • **Selectează din text noţiunile ce corespund cercurilor Eyler alăturate.**




**4** • **Întocmeşte o fişă informaţională pentru cei care doresc să cultive plante de regina-nopţii pe cel puţin 3 parcele separate, astfel încât pe fiecare parcelă florile să aibă o singură culoare.**

**5** • **Compară genotipurile plantelor de regina nopţii şi notează ce culoare trebuie să aibă florile de la care să se recolteze seminţe pentru a obţine 3 tipuri de plante:** plante cu flori albe, roşii şi roze.

**6** • **Completează schema în caiet.**

**Deosebiri**

| **Pleiotropie** | **Criterii** | **Polimerie** |
|---|---|---|
| — — — — — — — — — — | ← — — — — — — — — → | — — — — — — — — — — |
| — — — — — — — — — — | ← — — — — — — — — → | — — — — — — — — — — |
| — — — — — — — — — — | ← — — — — — — — — → | — — — — — — — — — — |

**7** • **Elaborează o hartă morfologică, pe baza informaţiei de mai jos, şi completează fiecare coloană până la 10 noţiuni informaţionale.**

Presiunea arterială, cistinuria, grupele sangvine la om, culoarea florii la regina-nopţii, culoarea ochilor la om, pigmentarea pielii, culoarea blănii la cobai, masa corpului, anemia falciformă.

**8** • **Argumentează afirmaţia utilizând metoda grafurilor (vezi p. 176).**
Genele polimere determină stabilitatea organismului uman.

# 1.10 Moştenirea grupelor sangvine

Moştenirea grupei sangvine la om se caracterizează printr-o complexitate deosebită. Cercetările tipurilor antigenice au relevat existenţa diferitor sisteme de grupe sangvine, în controlul cărora sunt implicate peste 60 de grupe de gene (de exemplu, sistemele Lewis, Kell, Duffy, Kidd, Hg etc.).

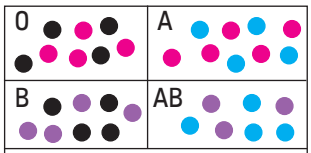
Unul dintre cele mai importante sisteme de clasificare a grupelor sangvine la om este sistemul ABO. Acest sistem se bazează pe prezenţa sau absenţa antigenelor A şi B pe suprafaţa eritrocitelor şi a anticorpilor $\alpha$ şi $\beta$ în serul sangvin. Persoana care are în sânge fie unul, fie ambii anticorpi nu poate primi sânge care conţine antigenele corespunzătoare, deoarece se va produce aglutinarea globulelor roşii.

În sistemul eritrocitar ABO există trei alele: A ($A_1$, $A_2$), B şi 0. Primele două alele sunt dominante, iar a treia este recesivă. Să ne amintim că un şir din trei sau mai multe forme alternative ale unei gene, care ocupă acelaşi locus într-un cromozom şi determină o manifestare diferită a trăsăturii respective, se numeşte **alelism multiplu**.

Alelele multiple apar în urma mutaţiilor succesive ale unei gene dintr-un anumit locus. Însă fiecare individ poate avea cel mult două alele din acest şir. Structura genotipică a grupelor sangvine este următoarea:

**Grupele sangvine în sistemul ABO**

| Fenotipul (grupa) | Genotipul | Antigenele | Anticorpii | În Europa de Vest, % | În Africa, % |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 00 | – | $\alpha$, $\beta$ (anti A, anti B) | 43 | 50 |
| A | AA; A0 | A | $\beta$ (anti B) | 45 | 29 |
| B | BB; B0 | B | $\alpha$ (anti A) | 8 | 17 |
| AB | AB | A; B | – | 4 | 4 |




*Structura celor patru grupe sangvine în sistemul ABO*

● – anticorpii $\alpha$
● – anticorpii $\beta$
● – antigenele A
● – antigenele B

În limitele sistemului ABO sunt patru grupe sangvine (fenotipuri): I(0), II(A), III(B), IV(AB). Fiecare dintre aceste fenotipuri se deosebeşte prin specificul proteinei antigene din eritrocite şi anticorpii din plasma sangvină.

Fenotipul I(0) este condiţionat de lipsa în eritrocite a antigenelor A şi B şi prezenţa în serul sangvin a anticorpilor $\alpha$ şi $\beta$. Grupa II(A) se caracterizează prin prezenţa eritrocitelor cu antigena A şi a serului sangvin cu anticorpul $\beta$. Grupa III(B) se caracterizează prin eritrocite cu antigena B şi serul sangvin cu anticorpul $\alpha$. Grupa IV(AB) este condiţionată de prezenţa în eritrocite a antigenelor A şi B şi lipsa în serul sangvin a anticorpilor $\alpha$ şi $\beta$ (vezi schema).

Sistemul ABO trebuie să fie luat în considerare la transfuzia de sânge. Unui individ cu grupa A nu i se poate transfuza sângele unui individ cu grupa B, după cum unui individ cu grupa B nu i se poate transfuza sângele unui individ cu grupa A.

În cadrul grupei A se disting subgrupele $A_1$ şi $A_2$. Subgrupa $A_1$ se caracterizează prin interacţiunea puternică a eritrocitelor cu aglutinele din serul indivizilor cu grupele B şi 0, iar eritrocitele $A_2$ au o putere mai redusă de aglutinare.

Când alelele A şi B realizează o constituţie genetică AB, se manifestă **codominanţa** (vezi schema).

P ♀ A0 × ♂ B0

| $F_1$ | B | 0 |
|---|---|---|
| A | AB | A0 |
| 0 | B0 | 00 |

*Codominanţa în cadrul grupelor sangvine la om*

Codominarea are loc şi în cazul moştenirii grupei de sânge după sistemul MN, descoperit în anul 1927. Acest sistem este determinat de două alele – M şi N, localizate într-un locus din cromozomul 4. Antigenele codificate de aceste alele sunt glicoproteine.

Ambele alele codomonează, de aceea există oameni cu genotipul MM, NN şi MN.

Printre europeni, genotipul MM este prezent la circa 36 % din populaţie, genotipul NN – la 16 %, iar genotipul MN – la 48 %.

Datorită transmiterii sistematice a alelelor codominante, sistemul MN se aplică pe scară largă la determinarea paternităţii. Dacă ambii părinţi sunt heterozigoţi, în generaţia următoare se pot realiza următoarele combinaţii genotipice şi fenotipice:

| Genotipul | Fenotipul |
|---|---|
| MM | M |
| NN | N |
| MN | MN |

*Grupele sangvine în sistemul MN*

P ♀ MN × ♂ MN

| | | | |
|---|---|---|---|
| genotipul | 1MM | : 2MN | : 1NN |
| fenotipul | M | MN | N |
| | 25 % | 50 % | 25 % |

În cazul în care mama are genotipul MM, tatăl prezumtiv are genotipul MM, iar copilul – genotipul MN, se exclude tatăl.

În unele cazuri, moştenirea grupelor de sânge poate fi explicată prin interacţiunea genelor de tipul epistaziei. Acest caz poartă numele de „fenotipul din Bombay". El a fost descris la femeia care a moştenit de la mamă alela B. S-a constatat că acţiunea alelei B este reprimată de alela recesivă h, care, în stare homozigotă (hh), exercită o acţiune epistatică. Aceeaşi alelă recesivă în stare homozigotă (hh) influenţează şi expresia alelei 0. În acest caz se evidenţiază fenotipuri noi – fenotipul Bombay (vezi schema).

P ♀ BOHh × ♂ BOHh

| $F_1$ | BH | OH | Bh | Oh |
|---|---|---|---|---|
| BH | BBHH | BOHH | BBHh | BOHh |
| OH | BOHH | OOHH | BOHh | OOHh |
| Bh | BBHh | BOHh | BBhh | BOhh |
| Oh | BOHh | OOHh | BOhh | OOhh |

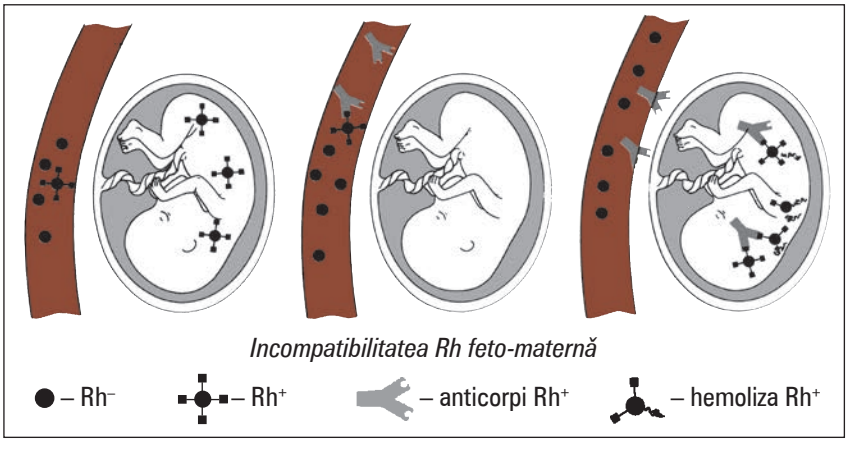
*Segregarea grupelor sangvine în cazul epistaziei*

Principiul de moştenire a grupelor sangvine în sistemul ABO are o largă utilizare în medicină şi antropologie. Acest sistem poate fi folosit în expertiza judiciară în scopul depistării paternităţii. Însă este necesar să luăm în considerare faptul că după grupa sangvină nu se poate stabili exact paternitatea. Se poate numai constata dacă un anumit bărbat ar putea fi tatăl copilului sau nu.

85 % dintre indivizii populaţiei umane conţin un antigen în eritrocite numit *factor Rh.* Aceşti indivizi se numesc *Rh pozitivi* ($Rh^+$), spre deosebire de indivizii *Rh negativi* ($Rh^-$), care alcătuiesc 15 % din populaţia umană.

Sistemul Rh trebuie să fie luat în considerare la transfuzia de sânge. Dacă persoanei $Rh^-$ i se transfuzează sânge $Rh^+$, în plasma sangvină a receptorului se sintetizează anticorpi specifici anti-Rh. Drept urmare, la o nouă transfuzie de sânge $Rh^+$ pot surveni accidente grave, deoarece anticorpul anti-Rh provoacă aglutinarea şi hemoliza eritrocitelor din sângele $Rh^+$ transfuzat.

Un fenomen similar se produce şi în cazul incompatibilităţii feto-materne. Astfel, dacă mama e cu $Rh^-$, iar fătul – cu $Rh^+$, antigenii acestuia străbat placenta, ajung în circuitul sangvin matern, unde produc anticorpi. Aceşti anticorpi, formaţi în sângele mamei $Rh^-$, la o nouă sarcină $Rh^+$, pot provoca boala hemolitică la nou-născut.




*Incompatibilitatea Rh feto-maternă*

**1** • **Transcrie afirmaţiile în caiet, completând spaţiul cu informaţia corespunzătoare.**

**a)** Grupa sangvină O conţine anticorpii _____ şi _____ în plasma sangvină şi _____ antigene pe hematii.

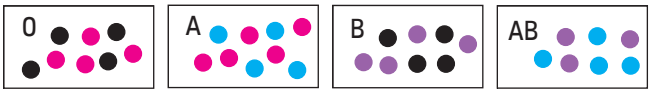
**b)** Grupa sangvină A conţine antigenul _____ pe hematii şi anticorpul _____ în plasmă.

**c)** Grupa sangvină B conţine antigenul _____ pe hematii şi anticorpul _____ în plasmă.

**d)** Grupa sangvină AB conţine antigenele _____ şi _____ pe hematii şi _____ anticorpi în plasmă.

**2** • **Exclude varianta care nu corespunde mulţimii şi argumentează-ţi decizia.**

**a)**

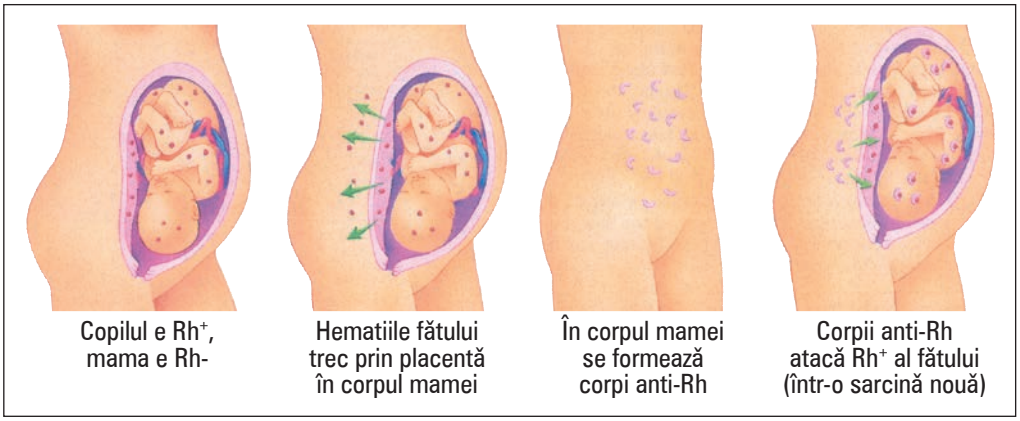



**b)** MM, MN, NN, OO.

**3** • **Elaborează o schemă în care să prezinţi mecanismul de moştenire a grupei sangvine şi a factorului Rh de la părinţii tăi.**

**4** • **Scrie un eseu (10–15 propoziţii) în care să realizezi o analiză interpretativă a fenomenului** incompatibilitate Rh.

**5** • **Intitulează imaginea printr-o propoziţie.**




**6** • **Rezolvă următoarele situaţii prin metoda grafurilor (vezi p. 176):**

**a)** Prietena ta a născut, dar soţul ei nu-şi recunoaşte paternitatea.
• **Propune recomandări pentru a determina tatăl copilului.**

**b)** Sora ta este însărcinată şi are incompatibilitate Rh cu soţul ei.
• **Ce sfaturi îi vei propune?**

*QR 1.10.1*

**7** • **Elaborează-ţi un regim de conduită pentru o săptămână, în funcţie de grupa ta de sânge, pe baza informaţiei stocate în codul de bare *QR 1.10.1*, subparagraful** Grupele de sânge şi personalitatea.

# Variabilitatea neereditară şi ereditară a organismelor. Mutaţiile şi semnificaţia lor



Fiecare individ se caracterizează prin capacitatea de a dobândi caractere noi sub acţiunea factorilor mediului. Această proprietate se numeşte **variabilitate** (din lat. *variare* – a se schimba). Ea asigură deosebirea fenotipică şi genotipică a indivizilor.

**Clasificarea variabilităţii**

*După caracterul moştenirii:*

1. ***Variabilitate negenetică (neereditară)***
   - nu afectează materialul ereditar (se încadrează în norma de reacţie a caracterului respectiv);
   - se datorează modificărilor determinate de mediu (cantitatea de precipitaţii, intensitatea iluminării, sursele de hrană etc.), expresiei fenotipice a genotipului în timpul dezvoltării individuale a organismelor;
   - asigură adaptabilitatea individului la condiţiile de trai;
   - nu se transmite descendenţilor.

   *Exemple:* cantitatea grăsimii în laptele bovinelor, înălţimea arborilor, greutatea seminţelor.

2. ***Variabilitate genetică (ereditară)***
   - afectează materialul ereditar (cromozomii, ADN-ul);
   - se datorează mutaţiilor şi recombinărilor genetice;
   - asigură adaptabilitatea populaţiilor şi evoluţia organismelor;
   - se transmite descendenţilor în baza anumitor legităţi.

   Variabilitatea genetică poate fi:

   2.1. mutaţională – este determinată de modificări în structura genelor şi/sau cromozomilor care au loc spontan sau sub acţiunea diferitor factori de mediu;

   2.2. recombinativă – este determinată de formarea noilor combinaţii genice în urma distribuţiei cromozomilor în cadrul meiozei şi fecundaţiei (recombinare intercromozomială) şi/sau schimbului de segmente cromozomiale în cadrul crossing-overului (recombinare intracromozomială).

**Mutaţiile** (din lat. *mutatio* – schimbare) reprezintă orice schimbare în materialul ereditar al unui individ, care nu se datorează segregării sau recombinării genelor şi se transmite urmaşilor.

**Clasificarea mutaţiilor**

*După tipul substratului afectat (mecanismul apariţiei):*

1. ***Mutaţii genice***
   - afectează structura şi funcţiile unei gene;
   - modifică citirea informaţiei ereditare;
   - determină sinteza proteinelor modificate.

1.1. **Substituţii** – înlocuirea unei (unor) nucleotide prin alta (altele):

1.1.1. *tranziţii* – înlocuirea unei baze azotate cu alta, dar de acelaşi tip (A ⇄ G sau T ⇄ C);

1.1.2. *transversii* – înlocuirea unei baze purinice cu alta pirimidinică (A ⇄ T sau A ⇄ C; G ⇄ T sau G ⇄ C).

1.2. **Deleţii** – pierderea unei perechi de baze azotate.

1.3. **Adiţii** – adăugarea unei perechi de baze azotate.

2. ***Mutaţii cromozomiale***

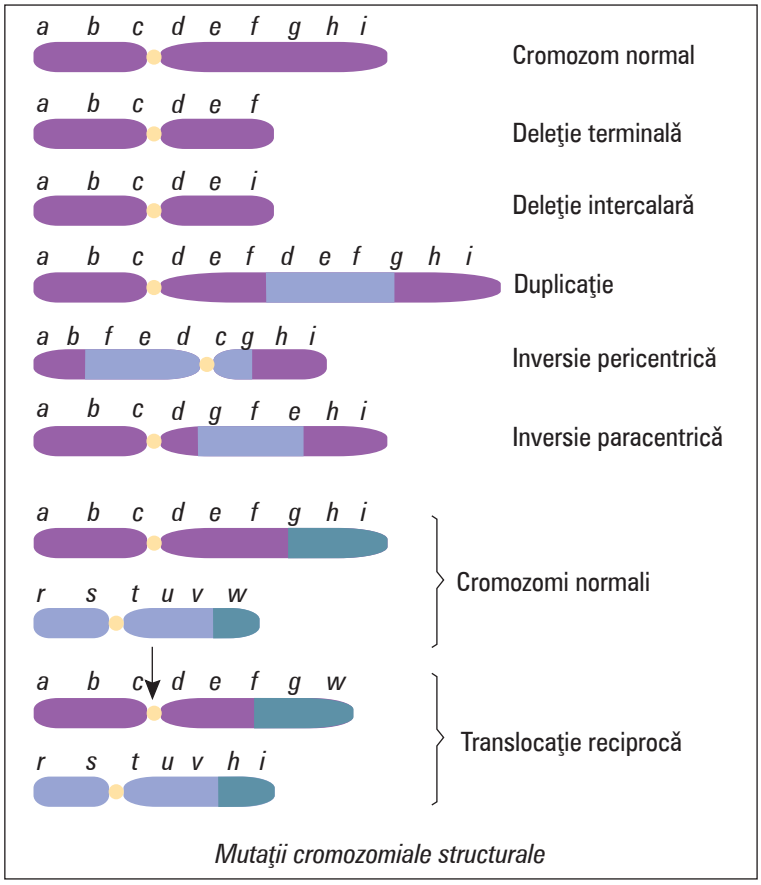
2.1. **Structurale** – afectează structura cromozomilor:

2.1.1. *deleţii* – pierderea unuia sau mai multor locusuri de pe un cromozom;

2.1.2. *inversii* – răsucirea unui segment de cromozom cu 180°;

2.1.3. *duplicaţii* – dublarea unui fragment într-un cromozom pe contul fragmentului cromozomului omolog;

2.1.4. *translocaţii* – schimbarea segmentelor între doi cromozomi neomologi.




*Mutaţii cromozomiale structurale*

2.2. **Numerice** *(genomice)* – afectează numărul de cromozomi (sunt mai frecvente la plante):

2.2.1. *poliploidie* – multiplicarea garniturii de cromozomi de 3, 4, 5 ... *n* ori:

a) *autopoliploidie* – formele poliploide provin de la aceeaşi specie (grâu, sfeclă de zahăr etc.);

*b) allopoliploidie* – formele poliploide provin de la specii diferite (hibridul dintre varză şi ridiche etc.);

2.2.2. *aneuploidie* – schimbarea numărului unor cromozomi (sindroamele Turner (2n = 45), Klinefelter (2n = 47), Down (2n = 47) la om).

*După origine:*

1. ***Mutaţii spontane (naturale)***
   - sunt provocate de factorii naturali în condiţii obişnuite (temperatură, radiaţie);
   - au o frecvenţă de circa $10^{-6}$ – $10^{-7}$.
2. ***Mutaţii induse (experimentale)***
   - sunt provocate pe cale experimentală sub acţiunea agenţilor mutageni.

**Semnificaţia mutaţiilor:**

- asigură heterogenitatea genetică în populaţii;
- pot servi în calitate de material evolutiv, obţinut prin selecţie naturală;
- permit obţinerea unor noi suşe de microorganisme sau soiuri de plante cu proprietăţi utile.

Utilitatea evolutivă a mutaţiilor este controversată. Unii savanţi (printre care Hugo de Vries) consideră mutaţiile drept factor primordial al evoluţiei biologice, pe când alţii susţin că mutaţiile, afectând serios viabilitatea organismelor, nu pot servi în calitate de material pentru evoluţie.

Diferite tipuri de mutaţii au o utilitate evolutivă diferită. Cea mai importantă sursă a materialului evolutiv asupra căreia acţionează selecţia sunt mutaţiile genice. Aceste mutaţii îmbogăţesc genofondul populaţiei prin adăugarea de noi alele ale unui locus, care determină apariţia unor noi expresii ale caracterelor.

Mutaţiile pot fi întâmplătoare şi necesare în acelaşi timp. Caracterul întâmplător al mutaţiilor este reflectat de faptul că nu există un raport strict determinat între tipul mutaţiei şi calitatea condiţiilor de existenţă a organismului. Caracterul necesar al mutaţiilor este reflectat de desfăşurarea direcţionată a proceselor vitale, mutaţiile apărând în cadrul transcrierii informaţiei ereditare sau repartizării cromozomilor în procesul diviziunii.

Semnificaţia evolutivă a mutaţiilor este determinată de condiţiile concrete de existenţă a organismelor. O mutaţie dăunătoare în anumite condiţii se poate dovedi utilă în altele şi invers. Majoritatea mutaţiilor, nefiind homozigote, nu se exprimă fenotipic, rămânând în stare recesivă. Totuşi, ele îmbogăţesc genofondul populaţiilor, creând premisele necesare recombinărilor genetice din cadrul acestora.

**1** • **Completează spaţiul cu informaţia corespunzătoare. (Se realizează în caiet.)**

**a)** Capacitatea fiecărui _____ de a dobândi _____ noi sub acţiunea _____ de mediu se numeşte _____.

**b)** Variabilitatea de grup reprezintă deosebiri între _____, iar cea individuală – deosebiri între _____ în cadrul aceleiaşi _____.

**c)** Variabilitatea _____ afectează materialul ereditar şi poate fi _____, _____ şi _____, pe când variabilitatea _____ nu afectează materialul _____ şi nu se transmite _____.

**2** • **Prezintă într-o schemă structurată logic:** **a)** tipurile de variabilitate;
**b)** tipurile de mutaţii.

**3** • **Elaborează un poster în care să ilustrezi domenii de aplicare a mutagenezei.**

**4** • **Exclude intrusul şi argumentează de ce l-ai exclus.** transversii, deleţii, inversii, duplicaţii, translocaţii

**5** • **Analizează sintagma** Mutaţiile – evoluţie sau pericol **cu ajutorul metodei „Triunghiul OCC” (vezi p. 176).**

**6** • **Alcătuieşte o prezentare ppt (sau sub altă formă) de 5–7 min, pe baza informaţiei stocate în codul de bare *QR 1.11.1*, pentru o mutaţie (la dorinţă), în care să reflecţi:**
- tipul mutaţiei;
- modificări specifice produse în materialul genetic;
- simptome manifestate la nivel de organism.

*QR 1.11.1*

**7** • **Formulează un argument în favoarea afirmaţiei:** Mutaţiile pot servi în calitate de material evolutiv în evoluţia organismelor.

# 1.12 Factorii mutageni

Frecvenţa mutaţiilor poate spori esenţial sub acţiunea unor factori numiţi **factori mutageni.** Ei se pot diviza în trei grupuri principale: fizici, chimici şi biologici.

1. **Factorii mutageni fizici** (radiaţia, temperaturile extreme, ultrasunetul)

Dintre factorii mutageni fizici, radiaţiile au o deosebită influenţă. Există radiaţii neionizante şi ionizante.

*Radiaţiile neionizante* (razele ultraviolete):

- determină reacţii fotochimice;
- provoacă modificări genetice la nivelul ADN-ului;
- se aplică pe larg întru ameliorarea microorganismelor.

*Radiaţiile ionizante* (electromagnetice (razele Röentgen, gama); corpusculare (razele alfa, beta)):

- afectează ţesuturile vegetale şi animale, provocând modificări în materialul ereditar;
- provoacă radioliza apei şi formarea peroxizilor de hidrogen;
- inhibă diviziunea celulară;
- provoacă mutaţii numeroase la nivelul ADN-ului şi/sau cromozomului.

Există mai multe unităţi de măsură a iradierii:

a) *röentgen* – un röentgen este egal cu cantitatea de radiaţii capabile să reproducă 2,08 x $10^9$ perechi de ioni în 1 $cm^3$ de aer la 0 °C şi la presiunea de 760 mm Hg;

b) *rad (radiation absorbed dose)* – un rad reprezintă energia absorbită sub formă de radiaţii ionizante egală cu $10^{-2}$ joule/kg;

c) *gray (Gy)* – un gray este egal cu doza primită de un organism iradiat ce absoarbe 1 joule/kg (1Gy = 100 rad).

Organismele vii posedă o anumită radiosensibilitate, care diferă de la organism la organism. Pentru a releva sensibilitatea organismelor la iradiere, se utilizează două măsuri:

a) *doza letală 100* (DL 100) – doză la care mor toate organismele tratate într-un interval de 30 de zile de la iradiere;

b) *doza letală 50* (DL 50) – doză la care mor 50 % dintre organismele tratate într-un interval de 30 de zile de la iradiere.

În tabelul de mai jos sunt indicate dozele letale 50 pentru diferite specii de plante şi animale.

**Dozele letale 50 (DL 50) pentru unele specii de organisme**

| Specia | DL 50 (rad) |
|---|---|
| Om | 450 |
| Şoarece | 550 |
| Iepure | 950 |
| Drosofilă | 46000 |
| Parameci | 350000 |
| Cartof | 5000 |
| Fasole | 8000 |
| Secară | 10000–15000 |
| Tomate | 30000–40000 |
| Varză | 75000–100000 |

Efectul iradierii depinde de un şir de factori, printre care:

- natura speciei (vezi tabelul);
- etapa ontogenezei (plantele tinere sunt mult mai radiosensibile decât cele mature);

• gradul de specializare a celulei (celulele diferenţiate sunt mai rezistente la radiaţie decât celulele meristematice);

• numărul de cromozomi (speciile cu un număr mic de cromozomi sunt mai radiosensibile decât speciile cu un număr mai mare de cromozomi);

• diverşi factori ai mediului (temperatura, concentraţia de gaze, umiditatea etc.).

2. **Factorii mutageni chimici** (agenţii alchilanţi, analogii purinelor şi pirimidinelor, alte substanţe chimice mutagene)

*Agenţii alchilanţi* (iperita, epoxizii, etilenimina, mitomicina, aldehida formică etc.):

• stagnează diviziunea celulară;

• provoacă erori în replicarea moleculelor de ADN;

• determină eliminarea bazelor purinice.

*Analogii purinelor* şi *pirimidinelor* (5-bromuracilul, 2-aminopurina etc.):

• provoacă „erori de înlocuire" în molecula de ADN, deoarece se includ în molecula de ADN, substituind anumite baze azotate.

*Alte substanţe chimice mutagene* (acidul nitros, formalina, pesticidele, metalele grele etc.):

• posedă o acţiune mutagenă mai pronunţată;

• au un mecanism specific de acţiune;

• în anumite condiţii, unele substanţe chimice mutagene au şi un efect antimutagen;

• unele substanţe chimice (*supermutagene*) depăşesc esenţial (de circa 100 de ori) spectrul mutaţiilor genice.

Substanţele chimice care au o acţiune mutagenă sunt aplicate în diferite domenii ale economiei, agriculturii, medicinei. Ele ajung în aer, sol şi apă. În tabel sunt prezentate normele provizorii admisibile (NPA) pentru diferite substanţe chimice.

**Normele provizorii admisibile pentru unele substanţe chimice**

| Substanţa chimică | NPA în apă (mg/l) | NPA în aer (mg/m$^3$) | NPA în sol (mg/kg) |
|---|---|---|---|
| Pb | 0,1 | 0,0003 | 30,0 |
| Sr | 50,0 | – | – |
| Cr | 0,5 | 0,0015 | – |
| Fenoli | 0,001 | – | – |
| Cu | 1,0 | – | 3,0 |
| Acetonă | – | 0,35 | – |
| Aldehidă formică | – | 0,0030 | – |
| Acid acetic | – | 0,06 | 0,06 |
| Nitraţi | – | – | 130,0 |
| KCl | – | – | 560,0 |

Substanţele mutagene pot să ajungă în ţesuturile plantelor sau ale animalelor fie direct, fie indirect.

Pesticidele pot provoca, odată cu mutaţiile, şi diverse dereglări psihice, deoarece afectează sistemul nervos central.

Unele îngrăşăminte minerale (nitraţii, nitriţii) influenţează negativ dezvoltarea organismului uman. Ele provoacă diferite mutaţii cromozomiale şi dereglări ale sistemului nervos central. În doze mari, aceste substanţe pot provoca dureri de cap, vomă, pierderea cunoştinţei etc.

3. **Factorii mutageni biologici** (virusuri, micoplasme):

• provoacă diverse mutaţii la nivelul ADN-ului sau cromozomilor;

• afectează diferite grupe de organisme (plante, animale, microorganisme);

În comunităţile naturale de organisme există diferite virusuri şi micoplasme care pot afecta ereditatea organismelor.

Pentru a diminua acţiunea nocivă a substanţelor mutagene, pot fi utilizate anumite substanţe chimice şi factori fizici care stimulează procesele fiziologice şi biochimice ale organismelor vii. Aceşti agenţi au fost numiţi **antimutageni**. Natura antimutagenilor este foarte diversă (vezi tabelul).

**Unele grupuri de antimutageni**

| Grupul | Exemple |
|---|---|
| Vitamine | A (retinolul), C (acidul ascorbic), E (tocoferolul) |
| Enzime | catalazele, polimerazele, nucleazele |
| Preparate medicamentoase | sulfanilamidele, streptomicina |
| Aminoacizi | acidul glutamic, arginina, histidina |
| Inhibitori ai radicalilor | fenolii, acidul galic |
| Agenţi neionizanţi | razele ultraviolete, razele laser |

În calitate de antimutageni pot fi utilizate, de exemplu, extracte din animale (produse din peşte, lapte, unt etc.).

Antimutagenii exercită o acţiune diversă:

- scad frecvenţa aberaţiunilor cromozomiale;
- intensifică procesele de reabilitare a ADN-ului;
- neutralizează diferiţi agenţi mutageni;
- activează sistemele enzimatice ale celulei care asigură detoxicarea agenţilor mutageni.

Din cele menţionate, se desprinde concluzia că factorii mutageni afectează esenţial ereditatea organismelor şi pun în pericol însăşi existenţa lor. Este foarte importantă testarea factorilor mutageni şi elaborarea metodelor de combatere a efectelor lor nocive.

Cu ajutorul mutagenezei experimentale însă, se pot obţine diferite suşe de microorganisme foarte productive sau soiuri de plante cu o productivitate înaltă. Prin mutageneză experimentală s-au obţinut suşe de *Penicillium crysogenum* cu o productivitate sporită în penicilină, soiuri tetraploide de viţă-de-vie, care oferă o recoltă cu mult mai mare de struguri.

Principalele surse de poluare a mediului înconjurător sunt diferiţi agenţi radioactivi, deşeuri industriale şi agricole, compuşi chimici de origine antropogenă (medicamente, pesticide, aditivi alimentari, detergenţi, produse cosmetice, molecule recombinante de ADN). Multe dintre aceste substanţe, prin intermediul aerului, apei, solului sau al unor organisme, provoacă diferite mutaţii.

De exemplu, după explozia bombelor atomice din Japonia (1945), 18,7 % dintre sarcini au fost întrerupte prin avorturi spontane, 23,3 % dintre copii s-au născut morţi, iar 26 % dintre nou-născuţi au murit imediat după naştere.

După catastrofa de la centrala atomo-electrică de la Cernobâl, a sporit considerabil numărul malformaţiilor congenitale.

Pesticidele utilizate pe larg în agricultură (erbicide, insecticide, fungicide) se pot acumula în mediul ambiant (plante, apă, sol) şi pot provoca diverse mutaţii.

O acţiune nocivă pot avea şi diferiţi conservanţi din industria alimentară, substanţe medicamentoase, coloranţi din industria textilă etc.

În cadrul unui monitoring genetic se analizează potenţialul mutagen al produselor chimice sau al factorilor fizici şi biologici. Pentru aceasta, se utilizează anumite organisme care au o structură relativ simplă şi sunt accesibile cercetărilor. Din aceste grupe de organisme fac parte unele bacterii, unele ciuperci etc. Actualmente, sunt utilizate pe larg culturile de celule vegetale şi animale izolate *in vitro*.

**1** • **Completează spaţiul cu informaţia corespunzătoare. (Se realizează în caiet.)**

| Tipuri de factori mutageni | Exemple | Efecte asupra materialului ereditar |
|---|---|---|
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |

**2** • **Clasifică factorii mutageni într-o schemă structurată logic.**

**3** • **Întocmeşte o listă de alimente pentru oamenii care lucrează într-o zonă cu un fon radioactiv ce depăşeşte limitele normale.**

**4** • **Încercuieşte** A**, dacă a doua afirmaţie confirmă corectitudinea primei, în caz contrar, încercuieşte** F**. Dacă ai încercuit** F**, atunci scrie varianta corectă. (Se realizează în caiet.)**

**a)** Pesticidele pot provoca tulburări psihice, deoarece acestea afectează sistemul nervos. A F

**b)** Radiaţiile ionizante pot modifica procesul de creştere la plante, deoarece inhibă diviziunea celulară. A F

**5** • **Realizează o analiză SWOT pe tema** Impactul pesticidelor utilizate în agricultură asupra organismului uman.

**6** • **Grupează câte trei termenii de mai jos şi notează criteriile în baza cărora ai realizat gruparea.**

radiaţii, enzime, retinol, cupru, fenol, raze Röentgen, pesticide, vitamine, raze alfa, plumb, aminoacizi, tocoferol, raze gama, crom

**7** • **Elaborează o prezentare ppt, pe baza informaţiei stocate în codul de bare** ***QR 1.12.1*****, punctul** Alcoolismul şi acţiunea altor factori implicaţi în bolile genetice**, în care să reflecţi impactul alcoolismului în apariţia bolilor genetice.**

*QR 1.12.1*

**8** • **Evaluează următoarea situaţie şi formulează recomandări prietenului tău pentru a diminua acţiunea substanţelor mutagene, ilustrând răspunsul prin metoda grafurilor** **(vezi p. 176):**

Prietenul tău s-a angajat în perioada de vară la o întreprindere ce utilizează substanţe mutagene în procesul tehnologic.

## 1.13 Ereditatea normală la om

La om, ca şi la celelalte organisme, materialul genetic este reprezentat prin ADN, localizat în nucleu. Toate caracterele sunt determinate de genele localizate în ADN. Numărul de gene umane constituie circa 30 000. Însă doar 10 % dintre aceste gene sunt active la anumite etape ale ontogenezei.

Însuşirile caracteristice omului sunt determinate de genele localizate în cromozomi. Totalitatea cromozomilor individului formează cariotipul lui.

Cariotipul uman include 46 de cromozomi, dintre care 44 de autozomi şi 2 cromozomi sexuali (XX sau XY).

În funcţie de poziţia centromerului şi de particularităţile morfologice, la om se disting diverse grupe de cromozomi, notate de la A la G (vezi tabelul).

**Clasificarea cromozomilor umani**

| Grupa | Numărul perechii de cromozomi |
|---|---|
| A | 1–3 |
| B | 4–5 |
| C | 6–12, X |
| D | 13–15 |
| E | 16–18 |
| F | 19–20 |
| G | 21–22, Y |

Moştenirea monogenică este determinată de peste 5 500 de gene. Dintre aceste gene, circa 1000 determină caractere normale şi circa 4 500 – caractere patologice. În tabelul de mai jos sunt prezentate unele caractere normale, care se moştenesc monogenic autozomal dominant sau recesiv.

**Caractere monogenice autozomale**

| Dominante | Recesive |
|---|---|
| ochi căprui | ochi albaştri |
| păr castaniu | păr deschis |
| păr ondulat | păr drept |
| nas mare | nas mic |
| prezenţa pistruilor | lipsa pistruilor |
| auz muzical perfect | lipsa auzului muzical |
| urechi mari | urechi mici |

Unele caractere sunt determinate de genele localizate în cromozomii sexuali X sau Y. Aceste caractere se moştenesc cuplat cu sexul. Expresia fenotipică a anumitor gene depinde de sex. De exemplu, chelia la bărbaţi se exprimă atât în stare homozigotă (cc), cât şi în stare heterozigotă (Cc), pe când la femei acest caracter se exprimă doar în stare homozigotă (cc).

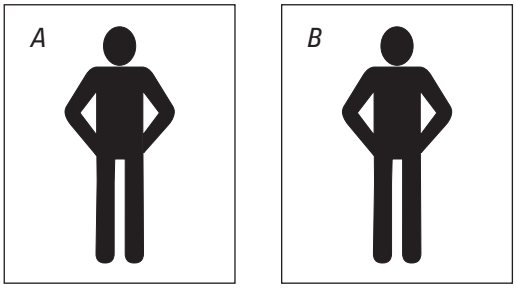
În cromozomul Y sunt localizate genele SRY (*sex determining region Y chromosome*), ce determină sinteza factorului dezvoltării testiculare.

Diferite caractere umane se moştenesc poligenic. Moştenirea poligenică asigură transmiterea caracterelor determinate de mai multe perechi de gene alele care pot interacţiona între ele. În cazul moştenirii poligenice, de regulă, se intensifică acţiunea fiecărei gene. Gradul de expresie a caracterului depinde de numărul de alele dominante ale genelor prezente. Acest tip de moştenire este specific, de regulă, caracterelor cantitative.

Perechile de alele ale genelor ce se află în cromozomi diferiţi interacţionează specific între ele.

**1** • **Enumeră particularităţile cariotipului uman.**

**2** • **Desenează în caiet imaginile alăturate şi indică în imaginea *A* caracteristicile dominante monogenice la om, iar în imaginea *B* – cele recesive, utilizând culori corespunzătoare.**




**3** • **Alege varianta corectă pentru enunţurile de mai jos.**

**I.** Caracter monogenic autozomal recesiv este:
**a)** ochi căprui;
**b)** păr castaniu;
**c)** auz muzical perfect;
**d)** lipsa pistruilor.

**II.** Caracter monogenic autozomal dominant este:
**a)** păr drept;
**b)** nas mic;
**c)** urechi mari;
**d)** urechi mici.

**4** • **Elaborează o schemă „Imagini instructive” care să reflecte ereditatea normală la om.**

**5** • **Elaborează o fişă instructivă în care să prezinţi caracterele monogenice autozomale personale.**

**6** • **Explică, pe baza informaţiei din text cu privire la caracterele determinate de genele localizate în heterozomi, manifestările unui astfel de caracter la membrii familiei tale.**

**7** • **Formulează o legitate referitor la moştenirea poligenică la om, utilizând cuvintele cheie din textul lecţiei.**

**8** • **Evaluează următoarea situaţie şi exprimă-ţi atitudinea faţă de aceasta, utilizând metoda „Pălării gânditoare”:**

Sora ta are auz muzical perfect şi este cântăreaţă. Soţul ei la fel are auz muzical perfect. În familia lor s-a născut un copil, care, conform specialiştilor, nu are auz muzical. Părinţii sunt nedumeriţi.

## 1.14 Ereditatea patologică la om

În literatura de specialitate (genetică şi cea clinică) sunt utilizate diferite noţiuni ce caracterizează patologiile umane: boli ereditare, genetice, familiale, congenitale.

**Bolile genetice** reprezintă toate anomaliile care apar ca urmare a dereglării materialului ereditar. Pentru bolile genetice nu este esenţial factorul moştenirii maladiei, ci faptul că boala este cauzată de dereglările aparatului ereditar. Bolile genetice includ şi boli ereditare.

**Bolile ereditare** sunt acele anomalii care se transmit de la părinţi la copii, cu excepţia cazurilor letale sau de sterilitate a organismelor. Aceste boli sunt cauzate de mutaţii ce afectează unul sau mai mulţi cromozomi sau una sau mai multe gene.

**Bolile familiale** întrunesc maladiile caracteristice unei familii, care pot fi provocate de anumiţi factori exogeni: deprinderi nocive comune, carenţe alimentare, condiţii nocive de trai etc. Evident, în acest caz, asemenea boli nu se transmit ereditar.

**Bolile congenitale** sunt bolile care se evidenţiază la naştere. Aceste maladii pot fi determinate de diferiţi factori care acţionează în timpul sarcinii, printre care:

- dereglările ereditare;
- unele boli infecţioase, în special virotice (rubeola, rujeola);
- dereglările hormonale;
- vârsta mamei (maturizarea insuficientă sau vârsta înaintată);
- carenţele alimentare (avitaminozele);
- iradierea;
- factorii chimici mutageni (metale grele, pesticide) etc.

Bolile ereditare sunt răspândite printre toate populaţiile lumii, însă frecvenţa lor este diferită, în funcţ ie de zonă. De exemplu, polidactilia (şase degete) se întâlneşte la europeni cu o frecvenţă de 0,5 %, iar la africani – cu o frecvenţă de 6,2 %. Bolile congenitale sunt mai frecvente în ţările din Europa, din cauza industrializării puternice.

Bolile ereditare sunt divizate în două grupuri: boli ereditare genice şi boli ereditare cromozomiale. Bolile ereditare genice pot fi autozomale (genele sunt localizate în cromozomii nesexuali) sau heterozomale (genele sunt localizate în cromozomii sexuali). Aceste maladii se moştenesc fie dominant, fie recesiv.

În patologia umană s-a descris un şir de boli genice, cauzate de mutaţii cu expresie fenotipică dominantă sau recesivă.

**Boli genice autozomale dominante:**

- acondroplazia – dereglări de creştere a oaselor lungi, nanism;
- arahnodactilia – alungirea şi subţierea excesivă a oaselor;
- brahidactilia – scurtarea degetelor;
- coreea Huntington – degenerarea progresivă a ganglionilor bazali şi a cortexului (între 35 şi 50 de ani) etc.

**Boli genice autozomale recesive:**

- albinismul – depigmentarea pielii (persoanele care suferă de această boală sunt ameninţate mai frecvent de riscul de a face cancer de piele);
- alcaptonuria – colorarea urinei în brun, artrite;
- boala Tay-Sachs – hipotonie, retardare psihomotorie;
- fenilcetonuria – dereglări metabolice, înapoiere mintală;
- galactozemia – tulburări funcţionale ale ficatului şi rinichilor etc.

Există şi unele boli genice X- sau Y-linkate.

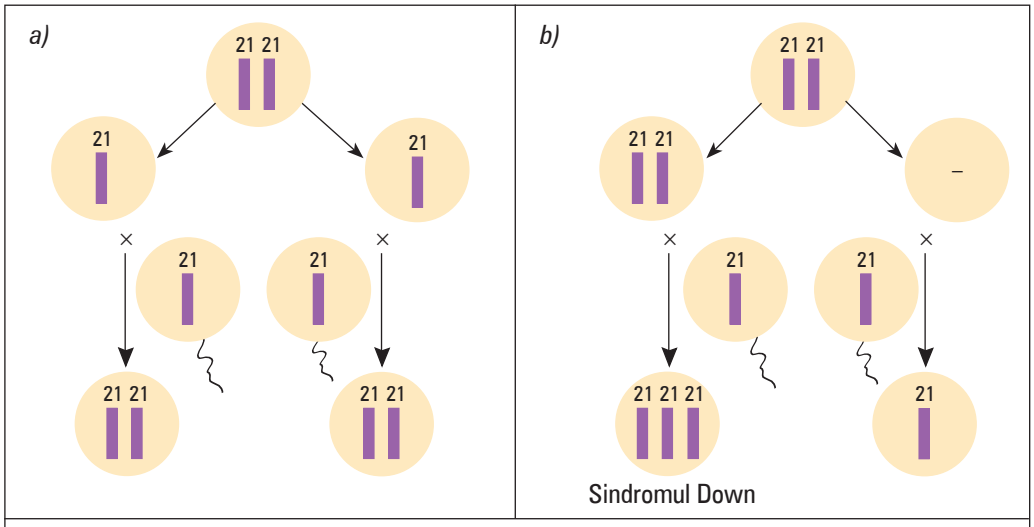
**Boli genice dominante X-linkate:**

- amelogeneza imperfectă – hipoplazia smalţului dentar, culoarea brună a dinţilor;
- hipofosfatazemia – tulburări de osificare.

**Boli genice recesive X-linkate:**

- daltonismul – abateri în diferenţierea culorilor;
- hemofilia – lipsa factorului de coagulare a sângelui;
- miopatia Duchenne – distrofie musculară progresivă etc.

Bolile ereditare cromozomiale sunt structurale sau numerice. Cele structurale pot apărea în urma deleţiei, inversiei sau duplicării unei regiuni a cromozomului. Bolile ereditare cromozomiale numerice sunt determinate de lipsa sau prezenţa în plus a unuia sau mai multor cromozomi faţă de numărul normal. Cele mai frecvente sunt monosomiile (pierderea unui cromozom) şi trisomiile (prezenţa suplimentară a unui cromozom). Aceste boli ereditare pot fi atât autozomale, cât şi heterozomale.




*Mecanismul apariţiei unor maladii cromozomiale autozomale:* a – normă; b – patologie

În decursul evoluţiei, cariotipul uman a dobândit o mare stabilitate (2n = 46). De aceea, orice dereglare privind numărul şi structura cromozomilor are efecte fenotipice importante, fiind adesea letale sau provocând o boală ereditară. Frecvenţa anomaliilor cromozomiale constituie circa 1 % (din numărul nou-născuţilor). În perioada de 8–12 săptămâni de dezvoltare intrauterină, circa 3 % din embrioni au anomalii cromozomiale. În avorturile spontane frecvenţa anomaliilor cromozomiale constituie 30–50 %.

Cauzele anomaliilor cromozomiale constituie orice abateri de la numărul de cromozomi, precum şi unele modificări cromozomiale de tipul deleţiilor, duplicaţiilor, translocaţiilor etc. Anomaliile numerice apar în urma nondisjuncţiilor, prin care, în meioză, o pereche de cromozomi nu se separă în anafază, migrând împreună la unul dintre polii celulei.

Bolile ereditare cromozomiale pot fi provocate de diferiţi factori, printre care:

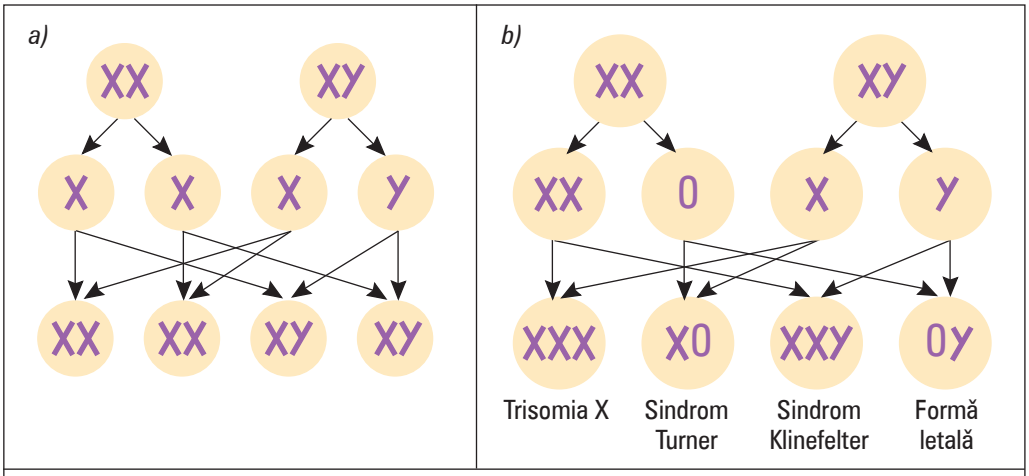
- radiaţiile ionizante;
- preparatele medicamentoase şi anticoncepţionale;
- bolile virotice;
- carenţele alimentare (de exemplu, femeile tinere care s-au aflat în lagăre de concentrare în timpul celui de-al Doilea Război Mondial au născut cu o rată sporită copii cu sindromul Down);
- tulburările endocrine;
- vârsta părinţilor, în special vârsta mamei (după 35 de ani creşte considerabil riscul naşterii unor copii purtători de anomalii cromozomiale).

Cele mai cunoscute boli autozomale sunt trisomiile (un cromozom este triplu reprezentat): 21 (sindromul Down), 18 (sindromul Edwards) şi 13 (sindromul Patau).

Sindromul Down este una dintre cele mai răspândite boli cromozomiale, frecvenţa ei fiind de 1:500–1:700. Această boală a fost descrisă de medicul englez Down în anul 1866. Mai târziu, în 1957–1959, savanţii francezi Le Jeune şi Turpin au demonstrat natura ei genetică. Cauza acestei patologii s-a dovedit a fi prezenţa în plus a unui cromozom 21.

Pentru medici, diagnosticul acestei boli nu prezintă dificultăţi, deoarece caracterele ei clinice sunt distincte: faţă mongoloidă, talie mică, brahidactilie, modificări specifice ale cutelor palmare, retardare mintală de diferite grade etc. Aceste anomalii provoacă moartea înainte de vârsta de 20 de ani.

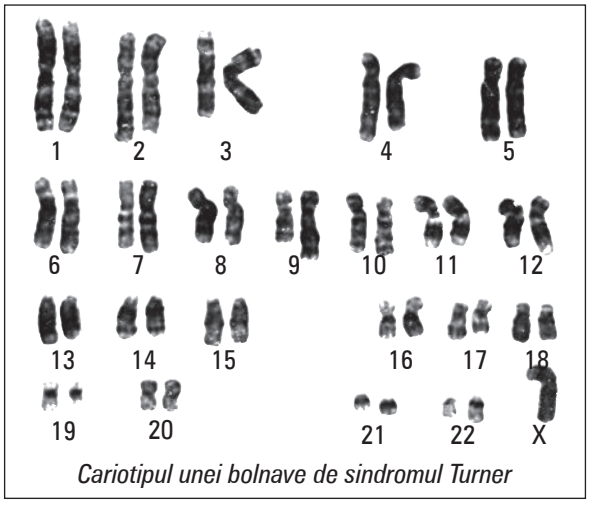
Pe lângă abaterile de la cariotipul normal, legate de autozomi, mai există şi alte tipuri de anomalii care afectează cromozomii sexuali.




*Mecanismul apariţiei unor maladii cromozomiale heterozomale:* a – normă; b – patologie

Sindromul Turner are cariotipul 45 (XO) şi fenotipul feminin. Acesta este unicul tip de monosomie (lipseşte un cromozom dintr-o pereche) compatibil cu viaţa. Cauza apariţiei bolii este lipsa unui cromozom X, ca rezultat al nondisjuncţiei cromozomilor sexuali în meioză.

Boala a fost descrisă în anul 1925 de Şereşevski şi studiată în anul 1938 de Turner. Frecvenţa acestei anomalii constituie 1:4000–1:5000. Boala se manifestă prin următoarele caractere clinice: disproporţie a corpului (umeri dezvoltaţi şi bazin îngust), talie mică (135–140 cm), „gât de sfinx" (scurt, cu pielea pliată), subdezvoltare a ovarelor, labilitate emoţională.




*Cariotipul unei bolnave de sindromul Turner*

Trisomia XXX are cariotipul 47 (XXX) şi fenotipul feminin. Cu acest sindrom se nasc numai fete (frecvenţă de 1:1000). Prima pacientă a fost descrisă în anul 1959 de către Jacob şi colaboratorii săi. Bolnavii au trei cromozomi X şi următoarele caractere clinice: abateri neesenţiale în dezvoltare, dereglări în funcţia ovarelor.

Sindromul Klinefelter are cariotipul 47 (XXY). Frecvenţa bolii este de 1:1000 şi se întâlneşte numai la bărbaţi (un cromozom X în plus). Sindromul prezintă următoarele caractere clinice: tip astenic de constituţie (umeri înguşti, bazin larg, depozitare de grăsime după tipul feminin, musculatură subdezvoltată), pilozitate facială slabă, subdezvoltare a testiculelor, dereglări psihice.

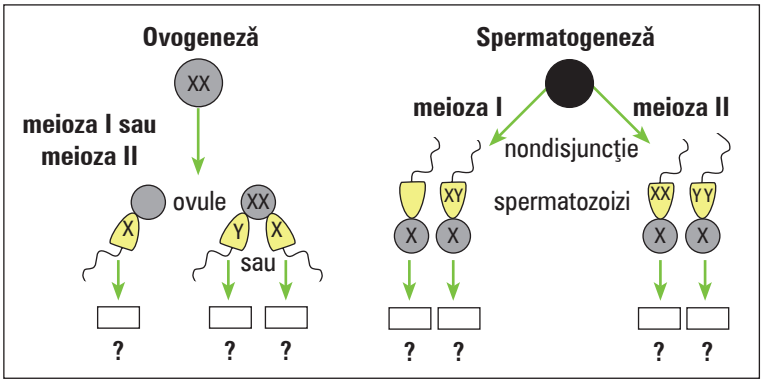
Pentru a depista anomaliile ereditare şi frecvenţa anumitor gene, sunt organizate consultaţii (sfaturi) medico-genetice. Aceste consultaţii au diverse sarcini, printre care:

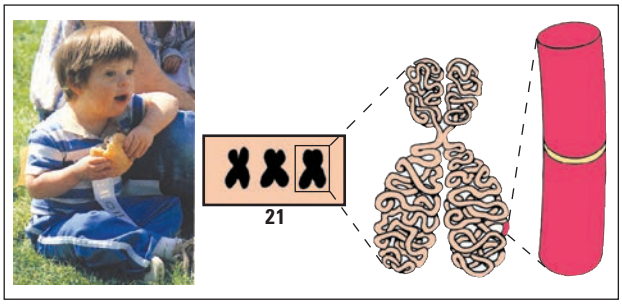
- consultarea medico-genetică a familiilor cercetate;
- diagnosticarea prenatală a anomaliilor congenitale;
- întocmirea anchetelor de familie;
- cercetarea maladiilor de metabolism;
- stabilirea unor măsuri privind planificarea familiei şi naşterea etc.

**1** • **Scrie definiţiile pentru următoarele noţiuni:** *boli genetice*, *boli ereditare*, *boli familiale*, *boli congenitale*.

**2** • **Prezintă bolile ereditare într-o schemă structurată logic.**

**3** • **Completează dreptunghiurile din schemă cu heterozomiile corespunzătoare; scrie în locul semnelor de întrebare denumirea afecţiunilor. (Se realizează în caiet.)**



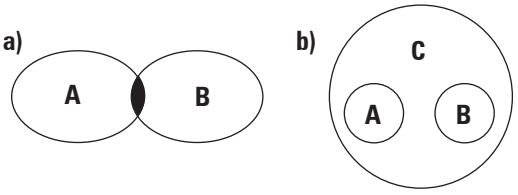

**4** • **Caracterizează sindromul reprezentat în imaginea alăturată şi prezintă mecanismul apariţiei acestei afecţiuni.**

**5** • **Alege varianta corectă pentru enunţurile de mai jos.**

**I.** Afecţiune heterozomală este:
**a)** sindromul Down;
**b)** sindromul Edwards;
**c)** sindromul Turner;
**d)** sindromul Patau.

**II.** Boală genică autozomală dominantă este:
**a)** fenilcetonuria;
**b)** acondroplazia;
**c)** alcaptonuria;
**d)** albinismul.

**6** • **Notează 2–3 exemple care să reflecte următoarele tipuri de corelaţii:**




**7** • **Elaborează o fişă informativă prin care să convingi colegii tăi de importanţa consultaţiilor medico-genetice.**

*QR 1.14.1*

*QR 1.14.2*

**8** • **Citeşte informaţia stocată în codul de bare *QR 1.14.1*:** Bolile, o moştenire de familie**. Propune modalităţi de prevenire a acestora pentru un caz concret.**

**9** • **Elaborează o hartă morfologică în care să prezinţi o boală genetică care te interesează, indicând:** denumirea bolii genetice, date statistice, tipul bolii genetice, modificări, cauze, simptome, modalităţi de prevenire, modalităţi de tratament etc**. Vezi informaţia stocată în codul de bare *QR 1.14.2*.**

**10** • **Evaluează situaţia şi argumentează ce recomandări îi vei da Elenei (lucrează în calitate de programatoare, are 39 de ani şi este însărcinată) pentru a reduce riscul de a naşte un copil cu afecţiuni ereditare, prezentând recomandările în schema „Cartografie”.**

## 1.15 Genetica umană şi impactul ei asupra omului

Printre disciplinele genetice, un rol deosebit îl are genetica umană, care studiază ereditatea umană. Încă în Antichitate au fost efectuate primele observaţii asupra eredităţii umane. Hipocrat (c. 460–377 î.H.), în lucrarea sa *Corpus hipocraticus*, precizează moştenirea unor caractere ale omului (culoarea ochilor, unele boli, precum epilepsia).

În 1814, V. Adams, în lucrarea *Tratat asupra proprietăţilor presupuse ereditare*, susţine că bolile ereditare sunt determinate de încrucişarea înrudită (consangvinizare).

F. Galton a pus bazele geneticii umane, scriind lucrările *Ereditatea talentului şi caracterului* şi *Ereditatea geniului* (1864). El susţinea faptul că la om caracterele se transmit ereditar.

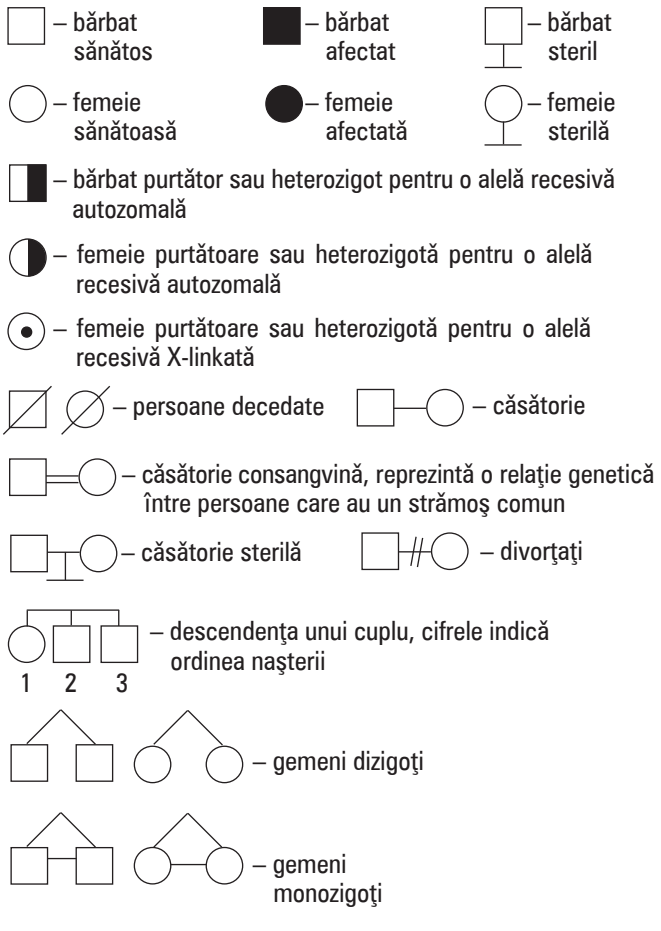
În calitate de obiect de studiu genetic, omul se caracterizează printr-un şir de particularităţi, şi anume:

- imposibilitatea aplicării analizei genetice (încrucişare fără restricţii şi analiza descendenţilor);
- prolificitatea relativ redusă (numărul descendenţilor într-o familie este relativ mic);
- imposibilitatea obţinerii pe cale experimentală a liniilor pure sau a formelor mutante;
- probleme etice etc.

Pentru elucidarea legităţilor moştenirii caracterelor la om sunt utilizate metode speciale:

1. **Metoda genealogică** (sau a pedigriului – din engl., fr. *pedigree* – semn ce denotă o succesiune) permite determinarea legităţii moştenirii caracterului în urma analizei generaţiilor succesive.

Pentru reprezentarea grafică se utilizează simboluri speciale.



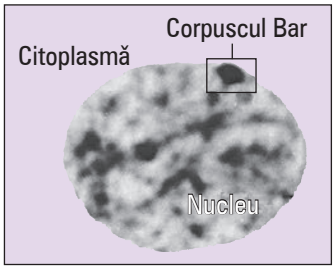

*Simboluri genetice folosite în metoda genealogică*

2. **Metoda gemenilor** permite evidenţierea importanţei eredităţii şi a mediului extern în expresia caracterelor.

În acest caz, sunt utilizaţi gemeni monozigoţi – care derivă dintr-un singur ovul fecundat, sunt de acelaşi sex şi absolut identici genetic.

3. **Metoda citogenetică** permite evidenţierea mutaţiilor cromozomiale structurale şi numerice.

Investigaţiile se efectuează cu celulele ce se află în metafază–anafază.




Evidenţierea mutaţiilor heterocromozomiale se poate efectua în funcţie de prezenţa sau lipsa cromatinei sexuale (corpusculului Bar) în nucleele celulelor somatice. Cromatina sexuală reprezintă un cromozom X condensat şi în condiţii normale este prezentă la femei şi lipseşte la bărbaţi. (Numărul de corpusculi Bar este egal cu numărul de cromozomi X minus unitatea.)

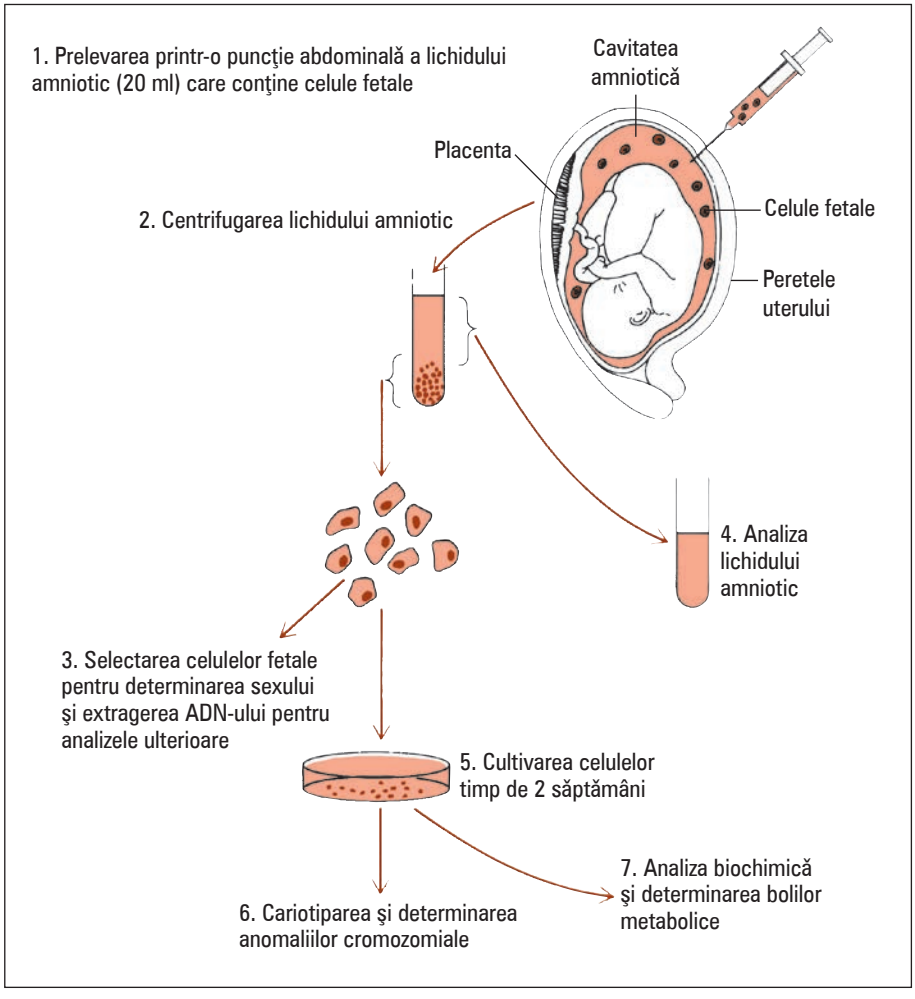
La femeile bolnave de sindromul Turner lipseşte cromatina sexuală, iar la bărbaţii bolnavi de sindromul Klinefelter este prezent un corpuscul Bar (dacă 2n = 47) sau doi (dacă 2n = 48).

4. **Metoda biochimică** permite evidenţierea unor maladii genetice de metabolism.

În acest caz, se analizează dereglările în sinteza aminoacizilor, enzimelor, hidraţilor de carbon etc.

5. **Amniocenteza** (diagnosticul genetic prenatal) permite evidenţierea (şi prevenirea) bolilor cromozomiale şi metabolice.

Investigaţiile se efectuează pe celule fetale recoltate prin puncţii din lichidul amniotic, între a 14-a şi a 16-a săptămână de sarcină.



6. **Consangvinizarea** (din lat. *consangvinus* – înrudit, de aceeaşi origine) permite obţinerea liniilor pure. Ea este mai frecventă la populaţiile umane izolate geografic, etnic sau religios.

Căsătoriile înrudite nu se recomandă, deoarece în urma lor se pot manifesta multe maladii grave.

7. **Metoda populaţional-statistică** permite stabilirea frecvenţei genelor în populaţia umană.

Pentru determinarea frecvenţei genelor alele în populaţii se utilizează legea Hardy-Weinberg:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1,$$

unde $p$ reprezintă frecvenţa genei dominante; $q$ – frecvenţa genei recesive; $p^2$ – frecvenţa homozigoţilor după gena dominantă; $q^2$ – frecvenţa homozigoţilor după gena recesivă; $2pq$ – frecvenţa heterozigoţilor.

8. **Metoda molecular-genetică** permite determinarea secvenţelor specifice (genelor) şi a paternităţii copilului.

Fragmentele de ADN se separă electroforetic în gel de agaroză şi se identifică autoradiografic. Metoda a fost propusă în 1975 de E.M. Southern.

9. **Metoda dermatoglifelor** permite evidenţierea anumitor maladii ereditare după cristele epidermice de pe suprafaţa degetelor şi a palmelor.

10. **Metoda ecografică** permite depistarea timpurie a unor malformaţii congenitale majore (microcefalia, hidrocefalia etc.).

Genetica umană a conferit noi dimensiuni medicinei şi biologiei umane. S-a conchis că patologia umană include mii de tulburări ereditare. Chiar şi tulburările comune implică un coeficient genetic mai mult sau mai puţin important. Fără genetică nu putem analiza evoluţia individuală şi cea a populaţiilor umane, fără genetică nu putem înţelege de ce suntem ceea ce suntem.

Genetica umană permite elucidarea diferitor probleme, precum: transmiterea caracterelor normale şi patologice la om; controlul genetic al proceselor celulare; controlul proceselor dezvoltării organismului uman; determinarea structurii genetice a populaţiei umane; diagnosticul bolilor genetice; elaborarea principiilor de profilaxie a bolilor ereditare; testarea factorilor de mediu cu potenţial mutagen; sfatul genetic şi planificarea familiei; terapia genică (în perspectivă).

Dintre toate ramurile biologiei, genetica a cunoscut până în prezent cea mai accelerată dezvoltare. Ea a revoluţionat întreaga biologie, elucidând misteriosul univers al eredităţii. Graţie acestei ştiinţe, s-au soluţionat numeroase probleme ce au frământat gândirea umană nenumărate secole: ce este ereditatea, cum se transmit caracterele normale de la părinţi la copii, ce reprezintă bolile ereditare?

Genetica umană contemporană este o ştiinţă foarte complexă, având diferite ramuri şi direcţii de cercetare:

- **genetica formală** studiază caracterele mendeliene la om şi principiile de moştenire;
- **genetica populaţională** studiază răspândirea şi frecvenţa genelor în diferite populaţii umane, frecvenţa purtătorilor unor gene mutante;
- **citogenetica** studiază cariotipul uman în normă şi patologie, diagnosticul bolilor cromozomiale;
- **genetica clinică** studiază diferite tulburări ereditare, principiile şi metodele de diagnosticare şi tratamentul acestor boli;
- **imunogenetica** studiază moştenirea grupelor sangvine, mecanismele genetice ale răspunsului imun;
- **farmacogenetica** studiază semnificaţia factorilor genetici în sensibilitatea individuală faţă de substanţele medicamentoase;
- **genetica socială** studiază interacţiunea factorilor ereditari (65–70 %) şi a celor sociali (30–35 %) în dezvoltarea speciei umane.

**1** • **Enumeră particularităţile omului ca obiect de studiu al geneticii.**

**2** • **Descrie esenţa metodelor de studiu a geneticii umane.**

**3** • **Elaborează un poster în care să prezinţi importanţa acestor metode de studiu.**

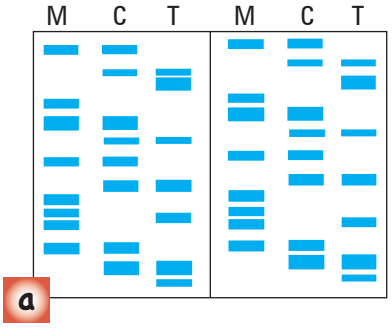
**4** • **Exclude intrusul şi argumentează de ce l-ai exclus.**

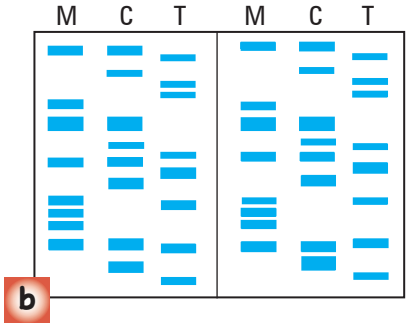
**a** controlul genetic al proceselor celulare, determinarea structurii genetice a populaţiei umane, diagnosticul bolilor genetice, sfatul genetic şi planificarea familiei, terapia genică

**b** genetica umană, genetica formală, genetica populaţională, genetica clinică, genetica socială

**5** • **Analizează amprentele ADN şi răspunde la întrebările de mai jos, pentru a confirma sau infirma paternitatea:**

**a)** Câte amprente comune cu mama sa are copilul?
**b)** Câte amprente comune cu tatăl său are copilul?
**c)** Se confirmă sau nu paternitatea?




**6** • **Grupează în două coloane noţiunile de mai jos şi notează criteriile pe baza cărora ai realizat clasificarea.**

metoda citogenetică, metoda biochimică, amniocenteza, metoda molecular-genetică

**7** • **Argumentează afirmaţia pe baza unui exemplu din viaţă:** Diagnosticul genetic prenatal – imperatv al societăţii contemporane.

# TEST SUMATIV (se realizează în caiet) la modulul „Bazele geneticii” (profil real)

## Varianta I

**1** **Descrie în 5–7 propoziţii portretul unei persoane ce prezintă 3 caractere dominante şi 3 caractere recesive. Subliniază cu o linie dreaptă caracterele dominante şi cu o linie întreruptă caracterele recesive.**

**2** **Completează spaţiul cu informaţia corespunzătoare pentru:**

**a) o boală cromozomială autozomală numerică;**
**b) o boală genică recesivă X-linkată.**

| | Denumirea bolii | Genotipul / Cariotipul | Simptomele |
|---|---|---|---|
| **a)** | _____ | _____ | _____ |
| **b)** | _____ | _____ | _____ |

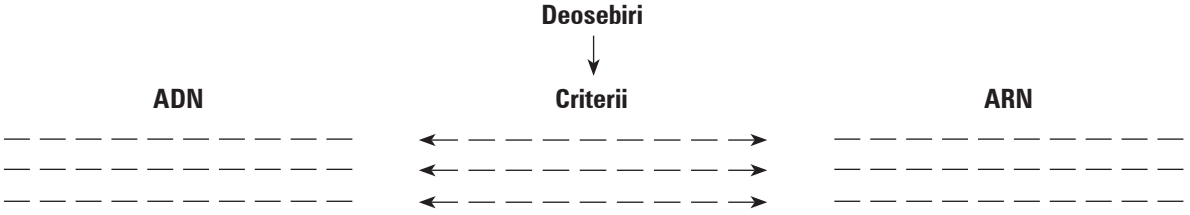
**3** **Rezolvă problemele.**

**a)** La găini, culoarea neagră a penajului şi prezenţa crestei reprezintă caractere dominante, iar culoarea pestriţă şi lipsa crestei – caractere recesive. Un cocoş pestriţ cu creastă a fost încrucişat cu o găină fără creastă. În descendenţă, jumătate dintre pui erau negri şi aveau creastă, iar jumătate – pestriţi, cu creastă.
Care sunt genotipurile formelor parentale (ale cocoşului şi ale găinii)?

**b)** La drosofilă, culoarea cenuşie a corpului şi forma normală a aripilor sunt caractere dominante, iar aripile rudimentare (vestigiale) şi culoarea neagră a corpului – caractere recesive. Ambele perechi de gene sunt localizate în acelaşi autozom la o distanţă de 17 morganide. Determină genotipurile şi fenotipurile posibile (în %) la încrucişarea unei femele diheterozigote (genele dominante au fost moştenite de la un părinte) cu un mascul cu corp negru şi aripi rudimentare.

**c)** Într-o familie în care ambii părinţi au grupa sangvină III şi nu suferă de hemofilie s-a născut un băiat cu grupa sangvină I şi cu hemofilie. Determină probabilitatea naşterii în această familie a unui copil sănătos cu grupa sangvină IV, dacă se ştie că hemofilia se moşteneşte drept caracter recesiv cuplat cu sexul.

**4** **Completează schema, indicând cel puţin 3 deosebiri.**




**5** **Grupează câte două noţiunile de mai jos.**
**Notează criteriile pe baza cărora ai realizat clasificarea.**

*Cromatină, deleţii, substituţii, poziţia centromerului, duplicaţii, nucleozomă, distanţa dintre gene, adiţii*.

**6** **Prezintă soluţii pentru următoarele situaţii:**

**a)** Verişoara ta este însărcinată.
- Ce recomandări i-ai da pentru a reduce riscul de a naşte un copil cu afecţiuni ereditare?
- Argumentează răspunsul.

**b)** Verişorul tău este căsătorit şi are un copil de 4 ani, care suferă de o anomalie congenitală. Soţia lui este din nou însărcinată.
- Ce sfaturi îi vei da pentru a preveni riscul naşterii unui copil cu aceeaşi afecţiune?

## Varianta II

**1** **Descrie în 5–7 propoziţii portretul unei persoane ce prezintă 3 caractere dominante şi 3 caractere recesive, subliniind cu o linie dreaptă caracterele dominante şi cu o linie întreruptă caracterele recesive.**

**2** **Completează spaţiul cu informaţia corespunzătoare pentru:**

**a) o boală cromozomială heterozomală numerică;**
**b) o boală genică autozomală recesivă.**

| | Denumirea bolii | Genotipul / Cariotipul | Simptomele |
|---|---|---|---|
| a) | _____ | _____ | _____ |
| b) | _____ | _____ | _____ |

**3** **Rezolvă problemele.**

**a)** La om, culoarea căpruie a ochilor şi capacitatea de a scrie cu mâna dreaptă sunt caractere dominante, iar culoarea albastră a ochilor şi capacitatea de a scrie cu mâna stângă – caractere recesive. Genele ambelor perechi de caractere se află în cromozomi diferiţi.

Care este probabilitatea ca într-o familie unde ambii părinţi sunt diheterozigoţi să se nască un copil stângaci, cu ochi căprui?

**b)** La tomate, forma înaltă a tulpinii este dominantă, iar forma sferică a fructelor o domină pe cea pruniformă. Aceste gene sunt înlănţuite şi se află la o distanţă de 20 de morganide. Ce descendenţă şi în ce raport se poate obţine la încrucişarea unei plante diheterozigote (genele dominante au fost moştenite de la părinţi diferiţi) cu o plantă pitică şi fructe pruniforme?

**c)** Într-o familie în care soţia are grupa sangvină I, iar soţul – grupa sangvină IV s-a născut un băiat daltonist, cu grupa sangvină III. Ambii părinţi disting culorile. Determină probabilitatea naşterii unui copil sănătos şi grupa lui sangvină posibilă, dacă se ştie că daltonismul este determinat de o genă recesivă cuplată cu sexul.

**4** **Completează schema, indicând cel puţin 3 deosebiri.**

**Deosebiri** ↓

| Mitoza | Criterii | Meioza |
|---|---|---|
| _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ | ← _ _ _ _ _ _ _ _ → | _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ |
| _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ | ← _ _ _ _ _ _ _ _ → | _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ |
| _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ | ← _ _ _ _ _ _ _ _ → | _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ |

**5** **Grupează câte două noţiunile de mai jos.**
**Notează criteriile pe baza cărora ai realizat clasificarea.**

*Genă, aneuploidie, centromer, translocaţie, tranziţii, telomer, cromozom, transversii*.

**6** **Prezintă soluţii pentru următoarele situaţii:**

**a)** Bunelul tău a avut un frate bolnav de sindromul Down. Sora ta s-a căsătorit recent şi este însărcinată.
- Ce recomandări îi vei da pentru a reduce riscul de a naşte un copil cu această afecţiune ereditare?
- Argumentează răspunsul.

**b)** În familia vecinilor tăi s-a născut o fetiţă cu grupa sangvină 0(I) şi factorul Rh negativ. Părinţii fetiţei au grupele sangvine III şi factorul Rh pozitiv. Ei sunt nedumeriţi de această situaţie şi cred că a fost schimbat copilul.
- Cum le demonstrezi că acesta este copilul lor?

# TEST SUMATIV (se realizează în caiet)
# la modulul „Bazele geneticii” (profil umanistic)

**1** **Descrie în 5–7 propoziţii portretul unei persoane ce prezintă 3 caractere dominante şi 3 caractere recesive, subliniind cu o linie dreaptă caracterele dominante şi cu o linie întreruptă caracterele recesive.**

**2** **Completează spaţiul cu informaţia corespunzătoare pentru:**

**a) o boală cromozomială heterozomală numerică la om;**

**b) o boală genică recesivă X-linkată la om.**

| | Denumirea bolii | Genotipul / Cariotipul | Simptomele |
|---|---|---|---|
| **a)** | _____ | _____ | _____ |
| **b)** | _____ | _____ | _____ |

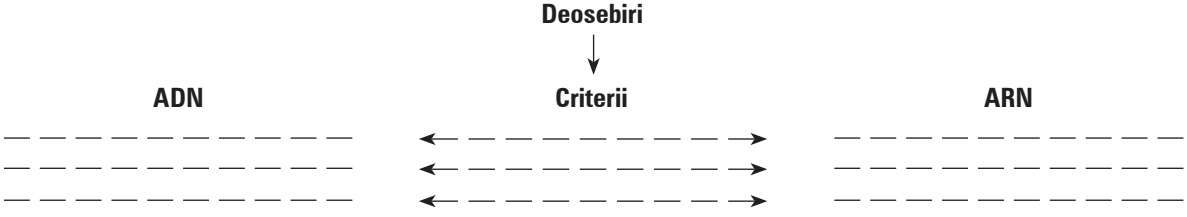
**3** **Rezolvă problemele.**

**a)** La om, culoarea căpruie a ochilor şi capacitatea de a scrie cu mâna dreaptă sunt caractere dominante, iar culoarea albastră a ochilor şi capacitatea de a scrie cu mâna stângă – caractere recesive. Genele ambelor perechi de caractere se află în cromozomi diferiţi.

Care este probabilitatea ca într-o familie unde ambii părinţi sunt diheterozigoţi să se nască un copil stângaci, cu ochi căprui?

**b)** Într-o familie în care soţia are grupa sangvină I, iar soţul – grupa sangvină IV s-a născut un băiat daltonist, cu grupa sangvină III. Ambii părinţi disting culorile. Determină probabilitatea naşterii unui copil sănătos şi grupa lui sangvină posibilă, dacă se ştie că daltonismul este determinat de o genă recesivă cuplată cu sexul.

**4** **Completează schema, indicând cel puţin 3 deosebiri.**




**5** **Grupează câte două noţiunile de mai jos .**
**Notează criteriile pe baza cărora ai realizat clasificarea.**

*Heterozomi, cromatină, substituţii, nucleozomă, autozomi, adiţii*.

**6** **Prezintă soluţii pentru următoarele situaţii:**

**a)** Bunelul tău a avut un frate bolnav de sindromul Down. Sora ta s-a căsătorit recent şi este însărcinată.
- Ce recomandări îi vei da pentru a reduce riscul de a naşte un copil cu o asemenea afecţiune?
- Argumentează răspunsul.

**b)** Verişorul tău este căsătorit şi are un copil de 4 ani, care suferă de o anomalie congenitală. Soţia lui este din nou însărcinată.
- Ce sfaturi îi vei da pentru a preveni riscul de a naşte un copil cu aceeaşi afecţiune?

## PROFIL REAL

| Barem de notare | | |
|---|---|---|
| **Punctaj acordat** | $S_1$ – 6 puncte | (6 puncte pentru răspuns complet) |
| | $S_2$ – 6 puncte | (câte 3 puncte pentru fiecare răspuns complet) |
| | $S_3$ – 30 puncte | (10 puncte pentru fiecare problemă) |
| | $S_4$ – 9 puncte | (câte 1 punct pentru fiecare răspuns corect) |
| | $S_5$ – 12 puncte | (câte 1 punct pentru fiecare grupare corectă şi câte 2 puncte pentru fiecare criteriu indicat corect) |
| | $S_6$ – 6 puncte | (câte 3 puncte pentru fiecare situaţie rezolvată corect) |

### Scală de notare

| **Punctaj** | <28 | 28 – 34,99 | 35 – 41,99 | 42 – 47,99 | 48 – 54,99 | 55 – 61,99 | 62 – 69 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Notă** | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

## PROFIL UMANISTIC

| Barem de notare | | |
|---|---|---|
| **Punctaj acordat** | $S_1$ – 6 puncte | (6 puncte pentru răspuns complet) |
| | $S_2$ – 6 puncte | (câte 3 puncte pentru fiecare răspuns complet) |
| | $S_3$ – 20 puncte | (10 puncte pentru fiecare problemă) |
| | $S_4$ – 9 puncte | (câte 1 punct pentru fiecare răspuns corect) |
| | $S_5$ – 9 puncte | (câte 1 punct pentru fiecare grupare corectă şi câte 2 puncte pentru fiecare criteriu indicat corect) |
| | $S_6$ – 6 puncte | (câte 3 puncte pentru fiecare situaţie rezolvată corect) |

### Scală de notare

| **Punctaj** | <22 | 22 – 27,99 | 28 – 33,99 | 34 – 38,99 | 39 – 44,99 | 45 – 50,99 | 51 – 56 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Notă** | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

## Abordare

Ameliorarea organismelor este nu numai o ştiinţă, ci şi o artă. Genetica oferă baza ştiinţifică pentru obţinerea de noi soiuri de plante, rase de animale şi suşe de microorganisme. Însă rezultatul final depinde de competenţele amelioratorilor de a spori productivitatea organismelor şi rezistenţa lor la factorii de mediu.

Valorificarea potenţialului biologic al plantelor, animalelor şi microorganismelor se poate realiza prin tehnologii clasice şi moderne. Important este să nu dereglăm echilibrul dinamic instalat în mediul înconjurător.

## Subcompetenţe

**PROFIL REAL**

- Definirea noţiunilor: soi, rasă, suşă, biotehnologii;
- Descrierea metodelor de ameliorare a organismelor;
- Compararea biotehnologiilor tradiţionale cu cele moderne;
- Argumentarea necesităţii obţinerii de noi rase de animale, soiuri de plante şi suşe de microorganisme;
- Argumentarea rolului biotehnologiilor tradiţionale şi moderne pentru soluţionarea anumitor probleme ale societăţii.

## Conţinut

**PROFIL REAL**

2.1. Ameliorarea animalelor
2.2. Ameliorarea plantelor
2.3. Ameliorarea microorganismelor
2.4. Biotehnologii tradiţionale şi moderne
2.5. Ingineria genică
Test sumativ

## Subcompetenţe

**PROFIL UMANISTIC**

- Definirea noţiunilor: soi, rasă, suşă, biotehnologii;
- Descrierea metodelor de ameliorare a organismelor;
- Compararea biotehnologiilor tradiţionale cu cele moderne;
- Argumentarea necesităţii obţinerii de noi rase de animale, soiuri de plante şi suşe de microorganisme;
- Argumentarea rolului biotehnologiilor tradiţionale şi moderne pentru soluţionarea anumitor probleme ale societăţii.

## Modulul 2

# AMELIORAREA ORGANISMELOR. BIOTEHNOLOGII

## Conţinut

**PROFIL UMANISTIC**

2.1. Ameliorarea animalelor
2.2. Ameliorarea plantelor
2.3. Ameliorarea microorganismelor
2.4. Biotehnologii tradiţionale şi moderne
Test sumativ

## 2.1 Ameliorarea animalelor

**Ameliorarea** sau selecţia (din lat. *selectio* – alegere) este procesul de obţinere a noilor soiuri de plante, a noilor rase de animale şi a noilor suşe de microorganisme sau de perfecţionare a celor existente.

În procesul de ameliorare, soiul, rasa sau suşa reprezintă o populaţie de organisme care se obţine artificial de către om şi se caracterizează prin anumite particularităţi ereditare (rezistenţă la boli, calitatea produsului, productivitatea sporită etc.). În acest caz, e absolut necesară cunoaşterea legilor geneticii privind moştenirea caracterelor la descendenţi. Anume genetica reprezintă baza ştiinţifică a ameliorării.

Orice rasă, soi sau suşă îşi poate exprima proprietăţile doar în anumite condiţii. Dacă sunt modificate condiţiile de întreţinere, nutriţie etc. sau ele sunt valorificate în alte regiuni geografice, aceste proprietăţi pot fi diminuate.

Eficacitatea ameliorării organismelor depinde de un şir de factori, printre care:

- valorificarea materialului iniţial eterogen;
- cunoaşterea legităţilor ereditare de moştenire a caracterelor valorificate;
- crearea unui spectru larg de variaţii ereditare ce pot fi implicate în programele de ameliorare;
- cunoaşterea şi valorificarea rolului mediului în fixarea caracterelor ereditare selectate;
- elaborarea unor noi metode (netradiţionale) de ameliorare etc.

În procesul ameliorării se utilizează două metode de bază:

**1. Încrucişarea:**

– dirijează variabilitatea combinativă;

– este de mai multe tipuri:

*1.1. încrucişarea apropiată (imbriding-ul)*

– se manifestă atenuarea unor caractere ca urmare a homozigotizării;

– se asigură formarea unor linii pure;

– nu se exclude complet heterogenitatea;

– sporeşte capacitatea fixării caracterelor selectate;

*1.2. încrucişarea îndepărtată (autbriding-ul)*

– se asigură combinarea de noi gene în cadrul unui hibrid;

– se extinde spectrul de variabilitate;

– formele parentale provin din populaţii diferite;

– necesită metode ulterioare de selecţie.

**2. Selecţia:**

– asigură rezistenţa formelor productive;

– este de mai multe tipuri:

*2.1. selecţia în masă:*

– se realizează prin analiza caracterelor externe sau fenotip (culoare, greutate, formă etc.);

– este eficientă pentru populaţiile heterogene;

– decurge, de regulă, destul de lent;

*2.2. selecţia individuală:*

– se realizează prin analiza productivităţii sau a genotipului;

– se utilizează încrucişarea apropiată;

– asigură valorificarea anumitor caractere ale indivizilor.

### Particularităţile ameliorării animalelor

- **Alegerea formelor parentale**

În procesul alegerii formelor parentale pentru ameliorarea animalelor se ţine cont de:

– numărul indivizilor implicaţi în procesul de ameliorare, care este relativ mic;

– reproducerea indivizilor valoroşi, care este asigurată pe cale sexuată;

– genealogia bine determinată şi complexă a producătorului;

– particularităţile aspectului animalelor (totalitatea caracterelor fenotipice).

Totalitatea trăsăturilor fizice ale animalului, conformaţia lui corporală, dimensiunile anumitor părţi ale corpului corelează cu diverse caractere economice valoroase.

*Berbec arharomerinos*

• **Utilizarea metodelor de încrucişare:**

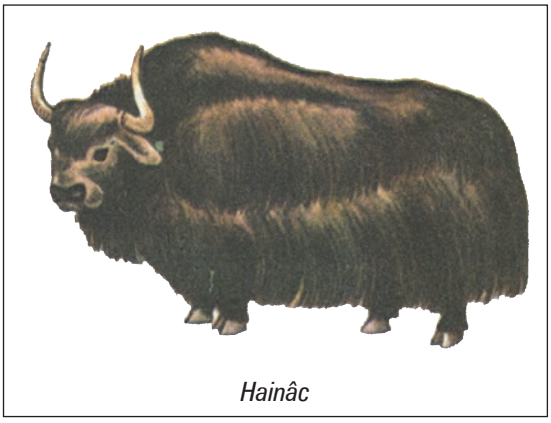
1. *încrucişarea înrudită* – se utilizează pentru obţinerea liniilor pure (homozigote) şi evidenţierea caracterelor determinate de genele recesive.

În cazul încrucişării înrudite (consangvinizării) se poate manifesta atenuarea unor caractere. Din aceste considerente, forma dată de încrucişare se utilizează cu precauţie.

2. *încrucişarea neînrudită* – se utilizează pentru transmiterea unor caractere de la animalele ce participă la formarea hibridului.

Încrucişarea neînrudită se utilizează pentru a îmbina într-un organism animal (bovine, porcine, ovine etc.) trăsăturile valoroase ale unor rase, specii sau genuri diverse.

P. F. Ivanov a încrucişat o rasă ucraineană de porci (rezistentă la condiţiile locale de trai) cu o rasă engleză (cu o productivitate înaltă). Ca urmare, el a creat o nouă rasă de porci (albă ucraineană de stepă) cu calităţi productive sporite şi o rezistenţă deosebită la condiţiile locale de trai.



*Hainâc*

Pentru obţinerea raselor de animale rezistente se practică încrucişarea îndepărtată cu animale sălbatice. La încrucişarea oilor cu lână fină cu berbecul de munte (berbec arhar) s-a obţinut o nouă rasă de oi cu lână fină şi rezistente la condiţiile mediului de trai – arharomerinos. Hibridul dintre iacul sălbatic şi bovine (hainâc) se caracterizează prin calităţile superioare ale cărnii şi laptelui, dar şi printr-o rezistenţă sporită la condiţiile mediului.

• **Aprecierea producătorului după descendenţă**

Această apreciere presupune existenţa unui program special de încrucişare şi selecţie. Reproducătorii analizează caracterele selective (cantitatea de ouă la găini, masa porcinelor, cantitatea de grăsime în lapte etc.).

• **Utilizarea dirijată a factorilor selectivi**

Calităţile avantajoase ale raselor de animale pot fi conservate doar dacă sunt menţinute condiţiile optime de întreţinere a animalelor (cantitatea şi calitatea nutreţurilor, condiţiile de îngrijire etc.).

• **Utilizarea metodelor avansate de ameliorare**

Pe lângă metodele clasice de ameliorare (încrucişarea şi selecţia), se pot utiliza şi alte metode, printre care:

– crioconservarea (congelarea) gameţilor şi/sau a embrionilor producătorilor, pentru protecţia genofondului animalelor domestice;

– fecundaţia artificială, pentru obţinerea în serie a animalelor de elită etc.

Embrionii bovinelor de elită (cu o productivitate înaltă) pot fi conservaţi în azot lichid la o temperatură de –196 °C.

În prezenţa substanţelor speciale (crioprotectori), temperatura se scade treptat, cu 0,3–2 °C pe minut. În aceste condiţii, apa nu se cristalizează, dar se elimină treptat din embrioni.

Metodele avansate de ameliorare permit crioconservarea embrionilor bovinelor de elită şi transplantarea lor ulterioară în uterul vacilor obişnuite. Această transplantare permite obţinerea unei descendenţe mult mai numeroase.

Femelelor de bovine li se pot administra preparate hormonale care stimulează maturarea şi separarea mai multor ovule care pot deveni, în perspectivă, embrioni de valoare.

Metodele bazate pe crioconservare, fecundaţie artificială şi transplantare a embrionilor pot spori de circa 40 de ori randamentul ameliorării animalelor.

**1** • **Scrie definiţiile pentru următoarele noţiuni:** *ameliorare*, *ameliorarea animalelor*, *rasă*.

**2** • **Interpretează esenţa factorilor ce determină eficacitatea ameliorării organismelor.**

**3** • **Descrie metodele de bază utilizate în procesul ameliorării organismelor şi prezintă-le într-o schemă structurată logic.**

**4** • **Completează tabelele în caiet.**

**a)**

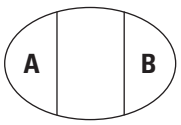
| Criterii de deosebire | Încrucişarea apropiată | Încrucişarea îndepărtată |
|---|---|---|
| Particularităţile genotipului | | |
| Originea formelor parentale | | |

**b)**

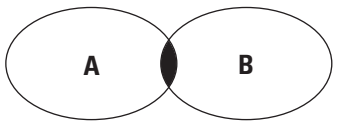
| Criterii de deosebire | Selecţia în masă | Selecţia individuală |
|---|---|---|
| Aspectele analizate | | |
| Metodele utilizate | | |

**5** • **Scrie, pe baza textului din manual, câte un exemplu de termeni care să reflecte următoarele tipuri de corelaţii:**

**a)**




**b)**




**6** • **Elaborează planşe ilustrative, utilizând abrevieri şi pictograme, pentru studenţii de la Facultatea de Zootehnie, în care să reflecţi particularităţile ameliorării animalelor, notând legenda pentru fiecare planşă.**

*QR 2.1.1*

**7** • **Explică vecinilor tăi care doresc să crească iepuri (într-un text din 3–5 propoziţii) necesitatea potrivirii perechilor în procesul de reproducere, pe baza informaţiei stocate în codul de bare *QR 2.1.1:*** Potrivirea perechilor la animalele domestice.

**8** • **Scrie un anunţ într-o revistă agricolă prin care să convingi crescătorii de animale de funcţionalitatea băncilor genetice în ameliorarea animalelor. Utilizează în acest scop informaţia stocată în codul de bare *QR 2.1.2*.**

*QR 2.1.2*

**9** • **Ce recomandări îi vei da prietenului tău pentru a-l ajuta să obţină rezultatele scontate, în cazul în care el doreşte să se ocupe cu creşterea şi reproducerea câinilor de rasă.**

# Ameliorarea plantelor



**Ameliorarea plantelor** este un proces de creare a noi soiuri de plante cu o productivitate înaltă, rezistente la dăunători, boli sau la condiţiile nefavorabile ale mediului.

*Soi* înseamnă un grup de plante aparţinând aceleiaşi specii cu proprietăţi ereditare comune. Soiurile obţinute în urma multiplicării vegetative a unei plante se numesc *soiuri clone*. Soiurile obţinute prin selecţia individuală de la o plantă autogamă (cu autopolenizare) se numesc *linii*. Grupurile relativ omogene de plante alogame (cu polenizarea încrucişată) ale unei specii se numesc *soiuri populaţii*.

Soiurile productive şi/sau rezistente sunt create în anumite condiţii (pe fonduri selective). Modificarea acestor condiţii poate diminua caracterele avantajoase ale plantelor.

### Particularităţile ameliorării plantelor

**• Utilizarea „centrelor de origine"**

Savantul rus N. I. Vavilov a elaborat teoria centrelor de origine a plantelor de cultură, conform căreia fiecare plantă de cultură are un centru de origine (vezi tabelul), unde diversitatea lor genetică este cea mai pronunţată.

**Centrele de origine a unor plante de cultură**

| Centrul de origine | Plantele |
|---|---|
| Mediteraneean | Leguminoasele, furajerele |
| Abisinian | Cerealele, sorgul, cafeaua, pepenele verde |
| Central-american | Porumbul, floarea-soarelui, dovleacul |
| Sud-american | Tutunul, cartoful |
| Sud-asiatic | Orezul, trestia-de-zahăr, citricele |
| Est-asiatic | Meiul, hrişca, mărul, prunul, citricele |
| Sud-vest asiatic | Grâul, viţa-de-vie, leguminoasele, pomii |

Cunoaşterea centrelor de origine a plantelor de cultură este importantă pentru că:
– oferă materialul necesar pentru selecţie;
– permite cunoaşterea seriilor omoloage ale variabilităţii ereditare;
– indică metodele de obţinere a noilor soiuri.

**• Utilizarea tehnicii de hibridizare**

Hibridizarea poate fi *apropiată* (între indivizii, liniile sau soiurile aceleiaşi specii) sau *îndepărtată* (între indivizii unor specii sau genuri diferite).

În funcţie de nivelul la care are loc, există două tipuri de hibridizare îndepărtată:

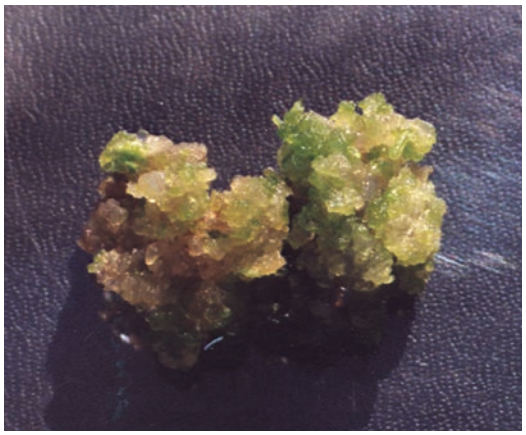
1. *in vivo*
   – reprezintă încrucişarea unor organisme genetic diferite;
   – permite studierea mecanismelor incompatibilităţii;
   – permite îmbinarea într-un organism a caracterelor unor specii sau genuri diferite;
   – indică metodele de obţinere a noilor soiuri.

În urma hibridizării îndepărtate s-a reuşit obţinerea hibridului între varză şi ridiche (*rafanobrasica*), a hibridului între grâu şi secară (*triticale*).

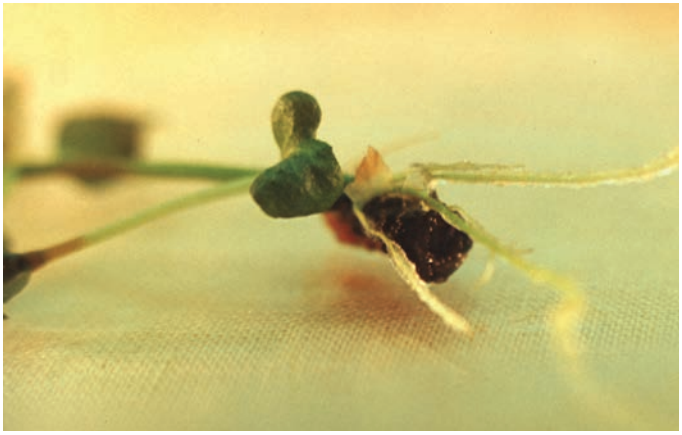
Încrucişând populaţii îndepărtate de grâu, P. P. Lukianenko a obţinut soiul *Bezostaia 1*, din care s-au desprins apoi soiurile *Aurora* şi *Caucaz*.

a)

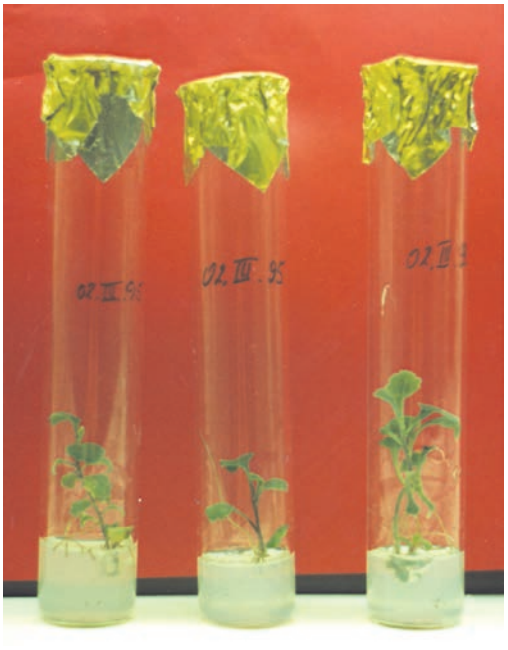
b)



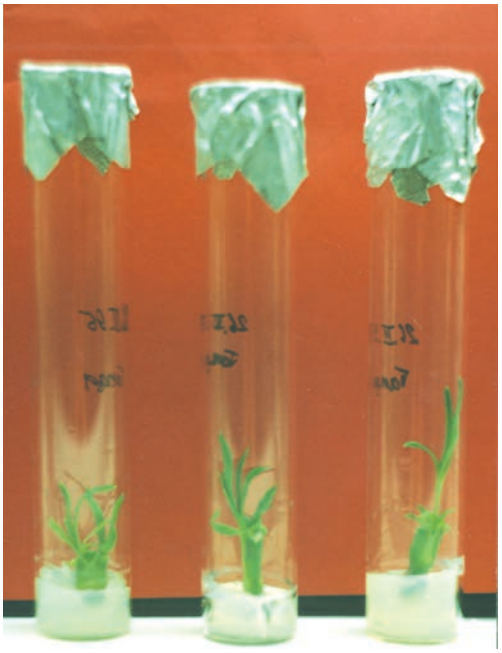
c)



d)



e)



*Cultivarea plantelor* in vitro*: a – explanţi primari de crizanteme; b – biomasă calusală de crizanteme; c – rizogeneza la mentă; d – regenerarea plantulelor de crizanteme; e – regenerarea plantulelor de garoafe*

2. *in vitro*

– reprezintă fuzionarea unor celule genetic diferite în afara organismului vegetal;
– permite studierea mecanismelor incompatibilităţii şi înlăturarea lor;
– asigură transferul de organite celulare;
– indică metodele de obţinere a noilor linii, soiuri.

Prin tehnici de fuzionare a celulelor vegetale fără perete celular (*protoplaşti*) s-au obţinut hibrizi între tomate şi cartof, tomate şi tutun etc.

• **Utilizarea mutagenezei experimentale**

Spre deosebire de animale, în cazul plantelor se pot obţine forme mutante mai productive şi/sau mai rezistente decât formele iniţiale.

Avantajele mutagenezei experimentale:

– oferă materialul necesar pentru selecţie;
– permite obţinerea unor forme mai productive (de grâu, sfeclă de zahăr, viţă-de-vie, cartof, hrişcă, ovăz etc.).

În calitate de factori mutageni, se pot utiliza radiaţia şi diverse substanţe chimice mutagene (de exemplu, colhicina).

• **Utilizarea heterozisului**

Autopolenizarea forţată (imbriding-ul) se utilizează la ameliorarea plantelor cu polenizare încrucişată. Pe parcursul mai multor generaţii (5–10), în urma autopolenizării, se reuşeşte obţinerea liniilor pure, homozigote, care nu posedă caractere valoroase. În schimb, la încrucişarea acestor linii pure se obţin hibrizi care se caracterizează printr-o productivitate sporită. Această vigoare hibridă poartă numele de *heterozis*.

Mecanismul heterozisului pare a fi foarte complex. Se presupune că la apariţia acestui fenomen contribuie: heterogenitatea după mai multe gene, interacţiunea genelor dominante utile, supradominarea, androsterilitatea (sterilitatea citoplasmatică masculină) etc.

Hibrizii obţinuţi depăşesc recolta formelor tradiţionale cu 20–30%. Acest efect este caracteristic doar hibrizilor, iar pe parcursul generaţiilor următoare productivitatea lor scade.

Heterozisul se utilizează pentru culturile agricole, printre care: porumbul, cartoful, tomatele etc.

• **Utilizarea dirijată a factorilor selectivi**

Pentru a obţine plante rezistente la factorii mediului, savantul rus I. V. Miciurin le cultiva la temperaturi joase sau pe soluri sărace, modifica condiţiile de nutriţie a plantelor, afecta plantele cu diferiţi agenţi patogeni etc.

Factorii selectivi:

– permit obţinerea soiurilor cu anumite calităţi;
– indică metode de obţinere a noilor soiuri.

La încrucişarea îndepărtată a părului francez cu cel sălbatic usurian, I. V. Miciurin a obţinut un nou soi, care îmbina calitatea superioară a fructelor şi rezistenţa plantelor la îngheţ. Pentru aceasta, el a utilizat metoda mentorului (a educatorului): în coroana plantelor hibride, pe parcursul mai multor ani, altoia butaşi de plante cu fructe de calitate superioară.

Aceasta este doar o metodă de utilizare a factorilor selectivi. Însă I. V. Miciurin a utilizat diverse metode, ceea ce i-a permis obţinerea a peste 300 de soiuri de culturi pomicole.

• **Utilizarea metodelor netradiţionale de selecţie**

Pe lângă metodele tradiţionale de selecţie (în masă, individuală), se utilizează pe larg şi metodele netradiţionale – selecţia gametică, selecţia celulară.

*Selecţia gametică*

– se efectuează la nivelul grăunciorului de polen;
– permite extinderea spectrului iniţial al materialului implicat în selecţie (fiecare grăuncior de polen reprezintă un genotip aparte);

– indică noi căi de obţinere a liniilor celulare sau a soiurilor cu caractere semnificative (plante rezistente la temperaturi extreme, la agenţi patogeni etc.).

*Selecţia celulară*
– se efectuează asupra culturilor de celule izolate;
– reduce durata obţinerii de noi linii sau soiuri (cu 2–5 ani);
– perfecţionează metodele de ameliorare a plantelor.

La baza selecţiei celulare se află culturile de celule şi ţesuturi izolate *in vitro* (vezi imaginile de la p. 74). În medii artificiale, în afara organismului matern vegetal, se pot cultiva segmente de plante şi regenera plante întregi. Aceste biotehnologii vegetale permit:
– multiplicarea clonală a genotipurilor valoroase rare sau pe cale de dispariţie;
– obţinerea materialului săditor devirozat (plante decorative, culturi pomicole etc.);
– obţinerea produselor utile în biomasa vegetală (alcaloizi, caroteni etc.).

Astăzi, în ameliorarea plantelor sunt utilizate tehnicile ADN-ului recombinant, care permit transferul anumitor gene şi obţinerea plantelor genetic modificate (transgenice). Cu ajutorul ingineriei genice se poate realiza transferul unor gene diferite: a capacităţii de sinteză a unor substanţe biologic active, a rezistenţei la agenţi patogeni şi dăunători, a rezistenţei la pesticide, a capacităţii fixării azotului atmosferic, a aromei fructelor etc.

Plantele genetic modificate se obţin pe scară largă. Însă producerea şi comercializarea lor trebuie efectuate cu precauţie, pentru a nu deregla echilibrul dinamic stabilit în mediile naturale.

**1** • **Defineşte noţiunile:** *soi*, *soi clonă*, *linie*, *soi populaţie*.

**2** • **Prezintă metodele ameliorării plantelor într-o schemă structurată logic şi descrie esenţa acestor metode.**

**3** • **Prezintă, prin cercurile Eyler, relaţiile dintre noţiunile de mai jos:**
**a)** tomate : cartof : hibridizare in vitro;
**b)** soiuri : populaţii : linii;
**c)** imbriding : heterozis.

**4** • **Elaborează o fişă instructivă care să reflecte centrele de origine a plantelor de cultură cultivate în preajma localităţii tale.**

**5** • **Notează avantajele utilizării unei metode de ameliorare a unui soi preferat de plante din localitatea ta.**

**6** • **Redactează, pe baza informaţiei stocate în codurile de bare *QR 2.2.1* şi *QR 2.2.2*, un rezumat din circa 100–150 de cuvinte, în care să reflecţi impactul plantelor modificate genetic asupra omului.**

*QR 2.2.1*

*QR 2.2.2*

**7** • **Descrie particularităţile ameliorării plantelor care trebuie respectate, dacă doreşti să cultivi un anumit soi de plante, şi elaborează un algoritm de acţiuni sub formă de schemă a acţiunilor consecutive (vezi p. 176).**

# Ameliorarea microorganismelor

## 2.3

**Ameliorarea microorganismelor** este un proces de obţinere a suşelor de microorganisme cu o productivitate sporită de produse utile.

*Suşa* (tulpina) reprezintă un grup de indivizi aparţinând aceleiaşi specii de microorganisme care se caracterizează prin anumite proprietăţi morfologice şi biochimice.

Suşele de microorganisme obţinute sunt utilizate în diferite domenii ale economiei, printre care industria farmaceutică (obţinerea antibioticelor, vitaminelor, alcaloizilor etc.), industria alimentară (obţinerea produselor lactate şi a celor de panificaţie) etc.

În procesul ameliorării microorganismelor sunt utilizate diferite metode:

- **Selecţia naturală a formelor valoroase**
  - se testează un grup mare de microorganisme şi se selectează formele cu un potenţial biosintetic sporit (sinteza de antibiotice etc.).
- **Selecţia artificială a formelor mutante**
  - se izolează formele cu anumite caractere valoroase din gama de mutaţii obţinute pe cale naturală.
- **Selecţia artificială prin inducerea mutaţiilor**
  - se obţin noi suşe de microorganisme cu productivitate înaltă (bacterii, ciuperci de mucegai) cu ajutorul factorilor mutageni chimici (etilenamina etc.) şi/sau fizici (radiaţia).
- **Selecţia prin hibridare sau cu ADN-ul recombinat**
  - hibridarea se utilizează pentru obţinerea a noi suşe de drojdii;
  - tehnica ADN-ului recombinat se utilizează pentru obţinerea unor produse utile sau transformarea bacteriilor.

Metodele clasice de ameliorare a microorganismelor necesită cheltuieli esenţiale. Astăzi, pentru valorificarea potenţialului microorganismelor, sunt utilizate pe larg metodele moderne – mutageneza experimentală, ingineria genică, hibridizarea celulelor etc. Cu ajutorul acestor metode se pot obţine produse care nu sunt caracteristice microorganismelor – hormoni, interferoni etc.

**Particularităţile ameliorării microorganismelor:**

- predomină căile de înmulţire asexuată;
- se operează cu un număr foarte mare de indivizi, graţie vitezei de multiplicare (bacteria *E. coli* se divide la fiecare 15–20 de minute; drojdiile *Saccharomyces cerevisiae* – la fiecare 60 de minute);
- se operează cu un număr foarte mare de generaţii;
- există posibilitatea obţinerii dirijate a suşelor cu productivitate sporită;
- variabilitatea înaltă pune în pericol păstrarea caracterului selectat (din aceste considerente se utilizează suşele catalogate).

Pentru a obţine diferite principii active, sunt utilizate anumite suşe de microorganisme. E necesar ca aceste suşe să satisfacă o serie de cerinţe, printre care:

- să posede o productivitate înaltă;
- să posede o rezistenţă sporită la virusuri;
- să se dezvolte pe medii nutritive ieftine;
- să-şi conserve productivitatea în cadrul cultivării;
- să fie inofensive faţă de mediul înconjurător etc.

Din gama variată de microorganisme sunt valorificate anumite grupuri.

**Utilizarea microorganismelor**

| Grupul de microorganisme | Direcţiile de utilizare |
|---|---|
| 1. Bacteriile | – obţinerea produselor lactate (prin utilizarea bacteriilor acidolactice);<br>– obţinerea insecticidelor (prin utilizarea bacteriilor sporulate);<br>– obţinerea antibioticelor (prin utilizarea actinomicetelor);<br>– obţinerea îngrăşămintelor (prin utilizarea bacteriilor azotfixatoare);<br>– obţinerea vaccinurilor (prin utilizarea bacteriilor patogene) etc. |
| 2. Drojdiile | – obţinerea produselor de panificaţie şi a băuturilor (pâinea, berea etc.);<br>– obţinerea metaboliţilor (vitaminele, aminoacizii);<br>– obţinerea proteinei furajere (drojdiile tehnice). |
| 3. Ciupercile de mucegai | – obţinerea antibioticelor (genul *Penicillium*);<br>– obţinerea acizilor organici – citric, gluconic (genul *Aspergillus*);<br>– obţinerea suşelor pentru perfecţionarea unor produse alimentare (caşcavalul). |
| 4. Algele microscopice | – obţinerea substanţelor biologic active (β-carotenul etc.);<br>– obţinerea proteinei furajere (genurile *Scenedesmus*, *Spirulina* etc.). |
| 5. Virusurile | – obţinerea vaccinurilor;<br>– obţinerea bioinsecticidelor pentru combaterea dăunătorilor culturilor agricole. |

**1** • **Scrie definiţiile pentru următoarele noţiuni:** *ameliorarea microorganismelor*, *suşă*.

**2** • **Clasifică tipurile de selecţie utilizate în ameliorarea microorganismelor într-o schemă structurată logic.**

**3** • **Prezintă sub formă de caricatură:**
**a)** particularităţile ameliorării microorganismelor;
**b)** cerinţele faţă de suşele de microorganisme pentru obţinerea principiilor active.

**4** • **Prezintă, prin cercurile Eyler, tipurile de relaţii dintre perechile de noţiuni:**
**a)** selecţie naturală – selecţie artificială;
**b)** hibridare – ADN recombinat;
**c)** bacterii – drojdii.

**5** • **Efectuează, în conformitate cu algoritmul alăturat, un experiment de obţinere a produselor în urma activităţii microorganismelor.**

a) Elaborează planul acestui experiment.
b) Prezintă rezultatele experimentului, notând:
– ipoteza pe care ai formulat-o;
– datele experimentului;
– concluziile pe care le-ai formulat.
c) Prezintă produsul obţinut.

*QR 2.3.1*

**6** • **Explică, pe baza informaţiei stocate în codul de bare *QR 2.3.1* (primele patru alineate), esenţa şi funcţionalitatea programelor genetice artificiale utilizate în ameliorarea microorganismelor.**

**7** • **Realizează un afiş publicitar, pe baza tabelului de mai sus, pentru o întreprindere care obţine din microorganisme produse necesare omului.**

**8** • **Elaborează un text pentru publicitatea la TV a produselor ecologice şi suşelor de microorganisme utilizate în procesul tehnologic, pentru vinderea produselor de panificaţie la firma înfiinţată de părinţii tăi.**

# Biotehnologiile tradiţionale şi moderne



**Biotehnologia** este ştiinţa care se ocupă de obţinerea industrială a produselor utile omului pe contul organismelor vii, al ţesuturilor sau al celulelor. De asemenea, biotehnologia urmăreşte perfecţionarea genetică sau obţinerea a noi suşe de microorganisme, soiuri de plante, rase de animale.

Primele biotehnologii în baza fermentaţiilor microbiene erau cunoscute cu 6000 de ani î.H. Pe atunci, oamenii utilizau (inconştient) microorganismele pentru a produce diferite băuturi, produse alimentare, ţesături.

Odată cu dezvoltarea biologiei moleculare, biochimiei, geneticii şi a altor discipline, biotehnologiile au progresat foarte mult.

Empiric, biotehnologiile pot fi divizate în: biotehnologii tradiţionale şi biotehnologii moderne.

1. **Biotehnologiile tradiţionale**
   - au o istorie mai îndelungată (începând cu anul 6000 î.H.);
   - au la bază tehnicile tradiţionale de cultivare a microorganismelor;
   - nu exclud utilizarea tehnicilor moderne (clonarea de ADN, culturile celulare etc.).

1.1. *Microbiologia industrială* – asigură obţinerea produselor utile în baza culturilor microbiene.

1.2. *Biochimia tehnică* – asigură obţinerea metaboliţilor în baza catalizei enzimatice şi cultivării celulelor de tip Hibridoma.

2. **Biotehnologiile moderne**
- au o istorie mai scurtă (circa 50–100 de ani);
- utilizează metode moderne (tehnica ADN-ului recombinant, culturile celulare etc.).

2.1. *Ingineria genică* – asigură obţinerea produselor în baza ADN-ului recombinant.

2.2. *Ingineria celulară* – asigură obţinerea produselor în baza culturilor de celule vegetale sau animale.

Biotehnologiile permit obţinerea unei game de produse utile omului, din diferite domenii (vezi tabelul).

Realizările biotehnologiilor tradiţionale şi moderne contribuie la soluţionarea problemelor globale.

**Problema alimentară:** obţinerea produselor alimentare (produse lactate, produse de panificaţie); obţinerea băuturilor; obţinerea acizilor organici (citric, acetic) etc. Produsele biotehnologice soluţionează într-o anumită măsură problema insuficienţei produselor alimentare obţinute pe cale naturală.

**Produse obţinute prin biotehnologii tradiţionale şi moderne**

| Compartimentele biotehnologiei | Produse obţinute în: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | agricultură | industria alimentară | medicină | industria chimică | industria energetică |
| Microbiologia industrială | proteine furajere, aminoacizi, vitamine, hormoni, antibiotice, enzime, îngrăşăminte bacteriene, bioinsecticide | aminoacizi, vitamine, enzime, polizaharide, băuturi, alimente, acid citric, acid acetic | vitamine, hormoni, antibiotice, enzime, vaccinuri, polizaharide, alcaloizi, nucleotizi, reactivi de diagnostic, acid gluconic | dizolvanţi organici (acetonă, butanol, etanol), acid lactic, acid itaconic, enzime | etanol, metanol, etilenă, hidrogen, metan, biogaz |
| Biochimia tehnică | proteine monoclonale, enzime, hormoni, vaccinuri, interferon | enzime | hormoni, vaccinuri, enzime, interferon, anticorpi monoclonali | enzime, pigmenţi, solvenţi | ATP |
| Ingineria genică | clone, hormoni, vaccinuri complexe, organisme transgenice, linii azotfixatoare | polizaharide, aminoacizi | hormoni, vaccinuri | | |
| Ingineria celulară | genotipuri noi, clone, organisme transgenice | polizaharide | alcaloizi | pigmenţi, latex | biogaz |

**Problema energetică:** obţinerea biogazului; obţinerea metanolului şi etanolului; obţinerea de ATP etc. Produsele biotehnologice pot servi drept surse energetice mai puţin tradiţionale.

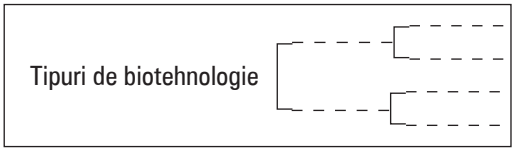
**Problema materiei prime:** extragerea metalelor din minereuri; degradarea deşeurilor industriale şi utilizarea lor în calitate de substrate nutritive etc. Produsele biotehnologice permit valorificarea noilor surse în calitate de materie primă, paralel cu valorificarea zăcămintelor care sunt epuizabile.

**Problema ecologică:** utilizarea microorganismelor întru purificarea apelor reziduale şi a deşeurilor solide. Procedeele biotehnologice asigură conservarea biodiversităţii vegetale şi animale, oferind noi căi de obţinere a produselor utile.

**Problema ocrotirii sănătăţii:** obţinerea antibioticelor; obţinerea vaccinurilor; obţinerea anticorpilor monoclonali etc. Produsele biotehnologice asigură tratarea diferitor boli, inclusiv terapia genică (în perspectivă).

**1** • **Defineşte noţiunea de *biotehnologie*.**

**2** • **Completează în caiet schema alăturată şi descrie esenţa fiecărui tip de biotehnologie.**




**3** • **Transcrie în caiet tabelele şi completează-le:**

**a)**

| Criterii de deosebire | Biotehnologii tradiţionale | Biotehnologii moderne |
|---|---|---|
| Metode utilizate | | |
| Începutul utilizării biotehnologiilor | | |

**b)**

| Criterii de deosebire | Ingineria celulară | Ingineria genică |
|---|---|---|
| Materialul utilizat în investigaţie | | |
| Începutul utilizării acestor metode | | |

**4** • **Grupează câte trei termenii de mai jos în baza criteriilor indicate în tabel.**

bioinsecticide, ATP, solvenţi, clone, hidrogen, proteine monoclonale, alcaloizi, acetonă, organisme transgenice

| Criterii de clasificare | Produse obţinute în agricultură prin biotehnologii tradiţionale şi moderne | Produse obţinute prin biochimie tehnică | Produse obţinute prin microbiologie industrială |
|---|---|---|---|
| Grup de termeni | | | |

**5** • **Scrie algoritmul unei biotehnologii utilizate în familia ta pentru obţinerea unui produs în condiţii casnice şi notează tipul acestei biotehnologii.**

**6** • **Analizează prin metoda SWOT utilizarea biotehnologiilor moderne în domeniul agroalimentar. Utilizează în acest scop informaţia stocată în codul de bare *QR 2.4.1*: cu titlul** Biotehnologii clasice şi moderne**.**

*QR 2.4.1*

**7** • **Formulează definiţia termenului** agricultură sustenabilă**, pe baza informaţiei de mai jos.**

## Biotehnologia şi comunitatea globală

*Comunităţi sustenabile*

Mulţi oameni de ştiinţă susţin biotehnologia ca şi factor important care contribuie la dezvoltarea unui sistem agricol sustenabil, deoarece permite producerea unei cantităţi mai mari de alimente, cu un impact mai redus asupra mediului decât agricultura convenţională. Multe întreprinderi agricole din întreaga lume depun eforturi pentru adoptarea practicilor agricole sustenabile.

*Ce este agricultura sustenabilă?*

Agricultura sustenabilă a fost definită de Congresul S.U.A., prin Legea agricolă din anul 1990, ca şi sistem integrat de practici de producţie vegetală şi animală, cu aplicaţii specifice locale capabile să satisfacă pe termen lung necesarul uman de alimente şi fibre, să amelioreze calitatea mediului şi baza de resurse naturale de care depinde economia agricolă, să utilizeze cu maximă eficienţă resursele neregenerabile şi resursele exploataţiei agricole şi să integreze, acolo unde este necesar, mijloace de control şi cicluri biologice naturale, să susţină viabilitatea economică a activităţilor agricole şi să amelioreze calitatea vieţii agricultorilor şi a societăţii în general.

*Fermierii contribuie la construirea unui viitor sustenabil prin:*

- adoptarea tehnologiilor şi celor mai bune practici de creştere a productivităţii în vederea satisfacerii nevoilor viitoare, fiind în acelaşi timp protectori ai mediului înconjurător;
- îmbunătăţirea sănătăţii umane prin acces la alimente sigure şi bogate în nutrienţi;
- ameliorarea situaţiei sociale şi economice a agricultorilor şi a comunităţilor înconjurătoare.

*QR 2.4.2*

**8** • **Scrie un argument în favoarea afirmaţiei:** Biotehnologiile moderne utilizate în societate e necesar să fie reglementate juridic la nivel internaţional**. Utilizează în acest scop informaţia stocată în codul de bare *QR 2.4.2*, cu titlul** Perspective noi în ştiinţele din domeniul viului (bioinginerie, biotehnologie) şi reflectarea acestora în societate prin reglementări juridice internaţionale**.**

## 2.5 Ingineria genică

Ingineria genică reprezintă un compartiment al biotehnologiilor moderne, ce are drept scop valorificarea moleculelor recombinante (hibride) de ADN. Moleculele recombinante de ADN sunt nişte molecule autonome de ADN, care conţin fragmente străine. Aceste molecule de ADN pot fi transferate relativ uşor în celulele străine, unde se realizează transcripţia cu formarea $ARN_m$ şi translaţia cu formarea proteinelor specifice.

Ingineria genică include trei etape principale:

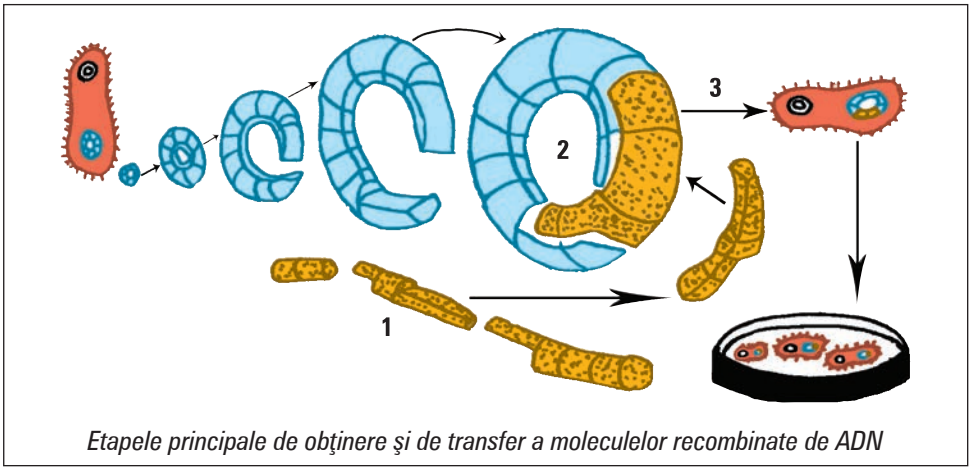
1. *Extragerea sau sinteza chimică a ADN-ului din diferite specii* – pentru obţinerea fragmentelor de ADN (genelor) se utilizează enzimele de restricţie (*restrictazele*), care posedă capacitatea de a tăia molecula de ADN într-un anumit loc (*situs de restricţie*).

2. *Obţinerea unei molecule recombinante de ADN* – pentru a uni fragmentele de ADN se utilizează *ADN-ligaza*.

3. *Transferul şi manifestarea moleculei recombinante de ADN în celula (organismul) gazdă* – pentru a transfera moleculele hibride de ADN se utilizează *vectorii,* molecule speciale de ADN care pot exista autonom şi se pot transfera în alte celule (organisme). În calitate de vectori pot fi utilizate plasmidele, virusurile etc.

Aceste etape ale ingineriei genice sunt prezentate în schema de mai jos.

Cu ajutorul tehnicilor ingineriei genice, s-a reuşit obţinerea industrială a diferitor hormoni, a interferonului şi a plantelor transgenice.



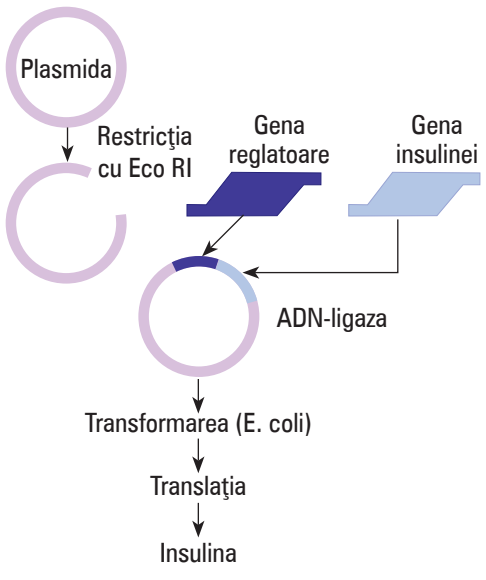

*Etapele principale de obţinere şi de transfer a moleculelor recombinate de ADN*

### Obţinerea hormonilor şi a interferonului

La începutul anilor 70 ai sec. XX se investigau noi metode de obţinere a insulinei umane. (Din cei peste 100 de milioane de diabetici, circa 10 milioane necesită un tratament cu insulină.)

Cu ajutorul enzimelor de restricţie şi legare, s-a reuşit obţinerea moleculei recombinante de ADN ce conţine gena insulinei. Aceste molecule au fost transferate în corpul bacteriilor (*Escherichia coli*). Ca rezultat, paralel cu proteinele specifice bacteriei, se sintetizează insulina.

Pentru a proteja insulina umană de degradarea provocată de enzimele bacteriene, în molecula recombinantă de ADN se inserează suplimentar o genă ce codifică o proteină specifică bacteriei (de exemplu, galactozidaza). Insulina se separă ulterior din catena polipeptidică hibridă.




*Schema obţinerii insulinei*

Ingineria genică permite obţinerea a circa 200 g de insulină de pe 1 $m^3$ de mediu de cultură (pentru a obţine această cantitate de insulină sunt necesare circa 1600 kg de pancreas de bovină sau de porcină).

Similar insulinei, se obţin şi alţi hormoni peptidici (somatotropina, timoproteina etc.) şi interferonul.

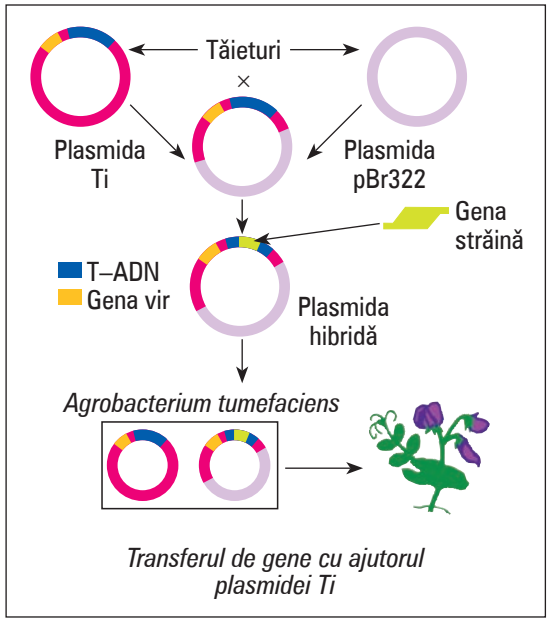
Gena interferonului (peptid din circa 146–166 de aminoacizi) se include într-o plasmidă care se transferă în *E. coli*. Bacteriile pot sintetiza cantităţi considerabile de interferon: dintr-un litru de *E. coli* se pot obţine până la 5 mg de interferon (de 5000 de ori mai mult decât dintr-un litru de sânge).

## Obţinerea plantelor transgenice

Tehnologiile ingineriei genice permit transferul genelor importante în celulele vegetale şi obţinerea plantelor genetic modificate (*transgenice*). Pentru acest transfer sunt utilizate bacteriile *Agrobacterium tumefaciens*, care conţin plasmidele Ti (*tumor inducing*).

Obţinerea plantelor transgenice include câteva etape:

- introducerea segmentului de ADN din plasmida Ti într-o plasmidă de *E. coli*;
- introducerea în plasmida formată a genei necesare (rezistenţei la patogeni, de exemplu) şi a genei marker (rezistenţei la un antibiotic);
- introducerea plasmidei recombinate în *A. tumefaciens*;
- infecţia cu *A. tumefaciens* a plantei respective;
- selectarea plantelor transformate (rezistente la patogeni).



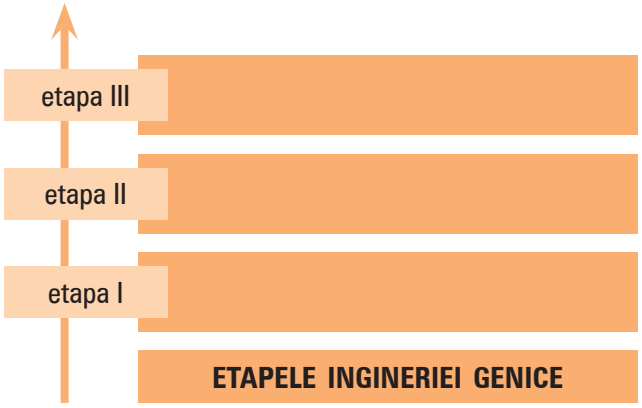

*Transferul de gene cu ajutorul plasmidei Ti*

Prin aceste metode s-au obţinut deja plante de cartof, tomate etc., rezistente la diferiţi patogeni. Se presupune că, în timpul cel mai apropiat, va fi posibilă şi eliminarea anumitor gene mutante (defecte) din organismele ce suferă de anumite maladii ereditare (anemia falciformă, de exemplu).

Este important să se valorifice cu o deosebită atenţie tehnologiile în baza ADN-ului recombinant, pentru a nu pune în pericol mediul înconjurător.

**1** • **Defineşte noţiunea de** *inginerie genică*.

**2** • **Completează în caiet schema etapelor ingineriei genice şi descrie esenţa fiecărei etape.**



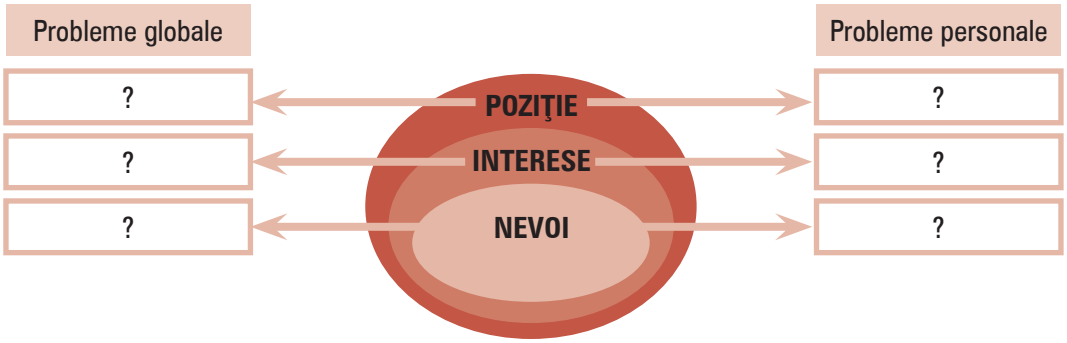

**3** • **Elaborează, pe baza textului** Obţinerea plantelor transgenice**, un poster în care să prezinţi mecanismul ingineriei genice şi importanţa ei în agricultură.**

**4** • **Analizează prin metoda SWOT importanţa organismelor modificate genetic, pe baza informaţiei stocate în codul de bare *QR 2.5.1*.**

*QR 2.5.1*

**5** • **Redactează un text din 5–7 propoziţii, pe baza textului** Obţinerea hormonilor şi a interferonului, **cu titlul** Ingineria genică în medicină**.**

**6** • **Argumentează prin schema „Ceapa", prezentată mai jos, expresia:** Ingineria genică rezolvă probleme atât globale, cât şi personale**. (Se realizează în caiet.)**



## TEST SUMATIV (se realizează în caiet) la modulul „Ameliorarea organismelor. Biotehnologii” (profil real)

**1** **Scrie într-un enunţ esenţa metodei** Încrucişarea**, utilizată în ameliorarea organismelor.**

**2** **Scrie un rezumat din 3–5 propoziţii în care să relevi esenţa heterozisului.**

**3** **Formulează cel puţin două argumente care să evidenţieze rolul geneticii în ameliorarea organismelor.**

**4** **Scrie cel puţin două avantaje ale utilizării selecţiei prin hibridare sau cu ADN recombinant în ameliorarea microorganismelor.**

**5** **Completează tabelul alăturat.**

| Tipuri de hibridare | Deosebiri | Asemănări |
|---|---|---|
| Hibridare in vivo | | |
| Hibridare in vitro | | |

**6** **Propune o listă de sfaturi unui începător,** în cazul în care eşti consultant într-un birou de consulting pentru cei care doresc să obţină produse prin biotehnologii.

## TEST SUMATIV (se realizează în caiet) la modulul „Ameliorarea organismelor. Biotehnologii” (profil umanistic)

**1** **Scrie într-un enunţ esenţa metodei** Selecţia**, utilizată în ameliorarea organismelor.**

**2** **Scrie un rezumat din 3–5 propoziţii în care să relevi esenţa mutagenezei experimentale.**

**3** **Formulează cel puţin două avantaje ale utilizării crioconservării în ameliorarea animalelor.**

**4** **Scrie cel puţin două argumente care să evidenţieze rolul biotehnologiei în ameliorarea organismelor.**

**5** **Completează tabelul alăturat.**

| Tipuri de hibridare | Deosebiri | Asemănări |
|---|---|---|
| Încrucişare apropiată (imbriding) | | |
| Încrucişare îndepărtată (autbriding) | | |

**6** **Propune o listă de sfaturi unui începător,** în cazul în care eşti consultant într-un birou de consulting pentru cei care doresc să se ocupe cu ameliorarea unei rase de animale.

### PROFIL REAL/PROFIL UMANISTIC

| Barem de notare | | |
|---|---|---|
| **Punctaj acordat** | $S_1$ – 4 puncte | (4 puncte pentru răspuns complet) |
| | $S_2$ – 6 puncte | (6 puncte pentru răspuns complet) |
| | $S_3$ – 8 puncte | (câte 4 puncte pentru fiecare răspuns corect) |
| | $S_4$ – 8 puncte | (câte 4 puncte pentru fiecare răspuns corect) |
| | $S_5$ – 9 puncte | (câte 3 puncte pentru fiecare rubrică completată corect) |
| | $S_6$ – 6 puncte | (6 puncte pentru răspuns complet) |

**Scală de notare**

| **Punctaj** | <15 | 16 – 19,99 | 20 – 23,99 | 24 – 27,99 | 28 – 32,99 | 33 – 36,99 | 37 – 41 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Notă** | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

## Subcompetenţe

**PROFIL REAL**

- Interpretarea principiilor evoluţiei biologice şi ipotezelor originii vieţii;
- Descrierea etapelor principale ale apariţiei omului;
- Determinarea factorilor biologici şi sociali ai antropogenezei;
- Distingerea factorilor evoluţiei lumii organice;
- Estimarea acţiunii factorilor evolutivi asupra organismelor;
- Analiza dovezilor: anatomiei comparate, embriologiei, paleontologiei şi biologiei moleculare în evoluţia lumii organice.

## Abordare

Evoluţia biologică este acceptată de unii şi respinsă de alţii. Însă, indiferent de convingerea fiecăruia, ea abordează un şir de probleme majore: cum a apărut viaţa, cum s-au dezvoltat vieţuitoarele etc. Este logic, ca după ani şi ani de studiu al biologiei, al proceselor şi fenomenelor biologice, să încerci şi tu, stimate elev, să răspunzi la aceste întrebări.

## Conţinut

**PROFIL REAL**

3.1. Ipoteze de bază ale originii vieţii
3.2. Principiile evoluţiei biologice
3.3. Argumentele anatomiei comparate şi ale embriologiei în evoluţia lumii vii
3.4. Argumentele paleontologiei şi ale biologiei moleculare în evoluţia lumii vii
3.5. Factorii evoluţiei: ereditatea şi variabilitatea
3.6. Factorii evoluţiei: interacţiunea organismelor cu factorii de mediu şi selecţia naturală
3.7. Direcţiile evoluţiei
3.8. Evoluţia omului
Test sumativ

## Subcompetenţe

**PROFIL UMANISTIC**

- Interpretarea ipotezelor despre originea vieţii;
- Descrierea etapelor principale ale apariţiei omului;
- Determinarea factorilor biologici şi sociali ai antropogenezei;
- Distingerea factorilor evoluţiei lumii organice;
- Estimarea acţiunii factorilor evolutivi asupra organismelor;
- Analiza dovezilor anatomiei comparate şi ale embriologiei în evoluţia lumii organice.

## Conţinut

**PROFIL UMANISTIC**

3.1. Ipoteze de bază ale originii vieţii
3.2. Argumentele anatomiei comparate şi ale embriologiei în evoluţia lumii vii
3.3. Factorii evoluţiei: interacţiunea organismelor cu factorii de mediu şi selecţia naturală
3.4. Evoluţia omului
Test sumativ

# Modulul 3

# EVOLUŢIA ORGANISMELOR PE TERRA. EVOLUŢIA OMULUI

# 3.1 Ipoteze de bază ale originii vieţii

Problema originii vieţii este una dintre problemele centrale ale biologiei, generând o permanentă dispută între concepţiile idealiste şi cele materialiste. Cum a apărut viaţa? Este o întrebare ce îi preocupă de multă vreme pe oameni, întrebare la care ei au încercat să dea răspuns. Astfel, au apărut mai multe ipoteze, bazate pe presupuneri, pe fapte cunoscute şi pe date experimentale, care încearcă să explice originea vieţii.

**Teoria creaţionistă**

Conform acestei ipoteze, viaţa a fost creată o singură dată, într-o anumită perioadă, de către o forţă supremă, care este imposibil de observat.

La baza acestei concepţii se află adevărul teologic absolut, care, bineînţeles, nu necesită dovezi experimentale şi trebuie acceptat întocmai. Această concepţie depăşeşte limitele cercetărilor ştiinţifice.

**Teoria generaţiei spontane** (Democrit, Aristotel, W. Harvey, F. Bacon, R. Descartes, J. B. van Helmont ş.a.)

Teoria generaţiei spontane a fost enunţată încă din Antichitate, dar ea nu s-a bucurat niciodată de încredere în gândirea ştiinţifică. Ea a fost pe rând îmbrăţişată, abandonată, acceptată, dar niciodată ignorată.

Conform acestei ipoteze, viaţa a apărut din materie nevie, ca rezultat al acţiunii forţelor mecanice ale naturii, fie prin abiogeneză (din materia anorganică), fie prin heterogeneză (din materia organică moartă).

În Antichitate, a dominat reprezentarea naivă despre originea vieţii care admitea că fiinţele vii apar gata formate din materialele nevii: pământ, apă, putregai. Se susţinea că, prin geneză spontană, din pământ apar şerpii, cârtiţele, şoarecii, din mâl – racii, broaştele, peştii, crocodilii, din resturi organice în putrefacţie – insecte, viermi etc.

*J. B. van Helmont*

J. B. van Helmont (1577–1644) descrie o experienţă în care, după spusele lui, în decurs de 3 săptămâni, a creat şoareci din rufe murdare şi seminţe de graminee. Ca factor primordial în procesul de generare a şoarecilor el a considerat transpiraţia corpului uman.

În 1688, savantul italian F. Redi a efectuat o experienţă prin care a contrazis teoria generaţiei spontane. El constată, folosind vase cu carne fiartă şi carne crudă, că larvele care apar în carnea putrezită nu iau naştere prin generaţie spontană, cum se considera anterior, ci se dezvoltă din ouăle de muscă.

Odată cu descoperirea microorganismelor, ideea generaţiei spontane apare din nou. Însă heterogeneza a fost definitiv respinsă în 1862, prin experienţele ingenioase ale microbiologului francez L. Pasteur. Folosind vase cu „gât de lebădă" cu lichid nutritiv sterilizat, el a demonstrat că şi microorganismele nu apar spontan, ci sunt prezente pretutindeni în apă, sol, aer şi se dezvoltă acolo unde au condiţii prielnice.

În concluzie, viaţa nu poate apărea prin generaţie spontană în condiţii obişnuite. Această precizare este obligatorie, deoarece, după cum a menţionat biologul german E. Haeckel, „a nega generaţia spontană înseamnă a recunoaşte minunea, creaţia divină a vieţii".

**Teoria panspermiei** (Anaxagoras, G. Buffon, S. Klaez, Ch. Lipman, M. Calvin, J. Hennessey, R. Pichet, S. Arrhenius, P. Becquerel, F. Crick, L. Orgel etc.)

Potrivit acestei teorii, viaţa este eternă ca şi materia. Ea este de natură extraterestră şi a apărut o dată sau de mai multe ori în diferite părţi ale galaxiei. Germenii vieţii au fost transportaţi pe Pământ de către meteoriţii pietroşi (*ipoteza litopanspermiei*) sau de corpurile cereşti dotate cu viaţă (*ipoteza radiopanspermiei*).

S. Arrhenius (1895–1927) afirma că în spaţiul cosmic există viaţă pretutindeni. Aceasta se datorează presiunii razelor de lumină, care transportă germenii vieţii de la alte corpuri cereşti spre cele lipsite de viaţă, „fecundându-le".

*S. Arrhenius*

În meteoriţii analizaţi (Orgueil, Kabe) au fost descoperite hidrocarburi, acizi aromatici, acizi graşi, aminoacizi (17 la număr), hidraţi de carbon (manoza, glucoza), compuşi azotaţi ciclici (adenina, guanina). Savanţii au demonstrat experimental rezistenţa sporilor de până la 0 absolut. S-a constatat că prin răcirea protoplasmei cu aer sau cu hidrogen lichid se evită fenomenul cristalizării, împiedicându-se astfel distrugerea structurii. În aceste condiţii, viabilitatea protoplasmei se poate menţine mii de ani.

La moment, însă, viaţa sub o formă oarecare nu a fost depistată în Univers, în afara Pământului (cu toate că, teoretic, nu poate fi exclusă existenţa ei, deoarece Pământul alcătuieşte doar o mică parte din Univers, şi dacă viaţa a apărut pe această parte mică, de ce nu ar putea exista pe părţile cu mult mai numeroase?!).

*A. I. Oparin*

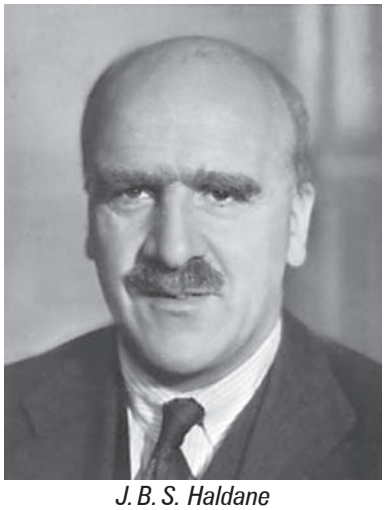
**Teoria biogenezei sau evoluţiei chimice** (A. I. Oparin, J. B. S. Haldane, S. L. Miller, H. C. Urey, S. Fox, C. Ponnamperuma etc.)

Această teorie a fost lansată de A. I. Oparin (1922) şi J. B. S. Haldane (1929) şi susţine că viaţa a apărut ca rezultat al sintezei abiogene a substanţelor organice în condiţii speciale.

Conform acestei teorii, materia nevie este transformată în materie vie în trei etape:

*1. Etapa anorganică* – formarea abiogenă a celor mai simple substanţe organice, fără participarea organismelor vii.

După părerea lui A. I. Oparin, sinteza abiogenă a fost posibilă datorită condiţiilor existente pe Terra cu 4,5–5 miliarde de ani în urmă. Se presupune că anumite gaze (heliul, hidrogenul, azotul, argonul, oxigenul) ieşeau din atmosferă, deoarece câmpul gravitaţional al planetei nu le putea reţine din cauza temperaturilor înalte (4000 °C–8000 °C). În atmosferă însă pluteau compuşi sub formă de vapori de apă, amoniac, metan etc. Cu timpul, temperatura a scăzut până la 100 °C, fapt care a permis realizarea sintezei organice.



*J. B. S. Haldane*

*2. Etapa organică* – formarea compuşilor organici complecşi (aminoacizi, glucide, proteine, acizi nucleici).

Sub influenţa razelor ultraviolete (lipsea stratul de ozon), apa, având masa mică, se descompunea în hidrogen şi oxigen. Hidrogenul s-a ridicat în spaţiul cosmic, iar oxigenul a format compuşi chimici: alcooli, cetone, acizi organici, aldehide. Compuşii formaţi s-au ridicat în atmosfera umedă şi rece fără a se descompune. Odată cu ploaia, ei cădeau în bazinele acvatice, unde intrau din nou în reacţie, formând compuşi organici complecşi.

Viteza acestor reacţii era mare, apa fiind o soluţie concentrată. Astfel s-au format compuşi polimerici de tipul hidraţilor de carbon, proteinelor, acizilor nucleici etc. Aceste presupuneri au fost dovedite experimental de către diferiţi savanţi, fapt prin care teoria evoluţiei biochimice devine mai atractivă.

S. L. Miller şi H. C. Urey (1953) au reuşit să obţină, dintr-un amestec de vapori de apă (35 %), amoniac (26 %), metan (26 %) şi hidrogen (13 %), supus unor descărcări elecrice într-un balon de sticlă la o temperatură de 60 °C–80 °C, după câteva săptămâni, o serie de substanţe organice: alanina, acidul aspargic, acidul glutamic, acidul uric, acidul lactic, acidul citric etc.

P. Abelson, C. Harada şi S. Fox, de asemenea, au sintetizat puţin mai târziu aminoacizi şi polipeptide (la o încălzire timp de 6–8 ore până la 170 °C–180 °C).

A. Kornberg (1958) a sintetizat în condiţii de laborator prima moleculă de ADN.

*3. Etapa biologică* – formarea primelor sisteme vii din substanţe proteice şi din alţi polimeri organici, capabili de metabolism.

În această etapă, s-au format picăturile de coacervat, ce reprezintă grupuri de polimeri complecşi. În coacervate se acumulează proteine, hidraţi de carbon, lipide, acizi nucleici. Coacervatele au proprietăţi de a absorbi selectiv substanţele şi de a creşte. În coacervat, părţile hidrofile ale moleculelor sunt orientate spre exterior, iar cele hidrofobe, spre interior. Astfel coacervatul are o anumită structură şi o proprietate selectivă, permiţând trecerea substanţelor într-o anumită direcţie. Această capacitate selectivă este caracteristică oricărei celule vii.

În interiorul picăturilor de coacervat, acizii nucleici intrau în corelaţie cu proteinele, astfel fiind posibilă transmiterea informaţiei ereditare de la ADN la proteină. În paralel, au apărut membranele care au generat formarea structurilor filamentoase, ce se autoreproduc, şi a primilor protobionţi.

Apariţia primelor organisme a avut loc pe calea evoluţiei primelor molecule cu o aşezare întâmplătoare a monomerilor în sensul ordonării succesiunii lor, având la bază nucleoproteinele. De la celulele primare se presupune că au apărut celulele procariote şi apoi cele eucariote.

Prezenţa datelor experimentale impune îmbrăţişarea teoriei evoluţiei chimice de către majoritatea savanţilor (cu toate că şi această teorie are unele puncte slabe). De exemplu, şi la etapa actuală continuă disputa cu referire la eficacitatea biologică a substanţelor organice sintetizate abiogenic, conexiunea dintre acizii nucleici şi substanţele proteice etc.

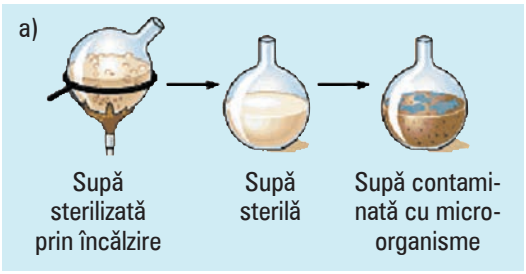
**1** • **Enumeră ipotezele cu privire la originea vieţii şi descrie printr-o propoziţie esenţa fiecăreia.**

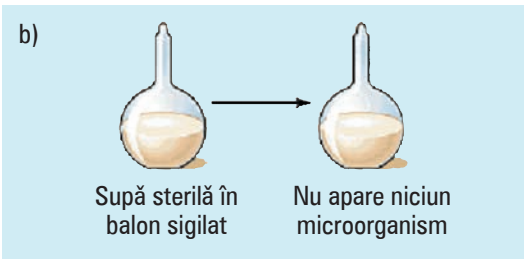
**2** • **Prezintă etapele teoriei biogenezei într-o schemă structurată logic.**

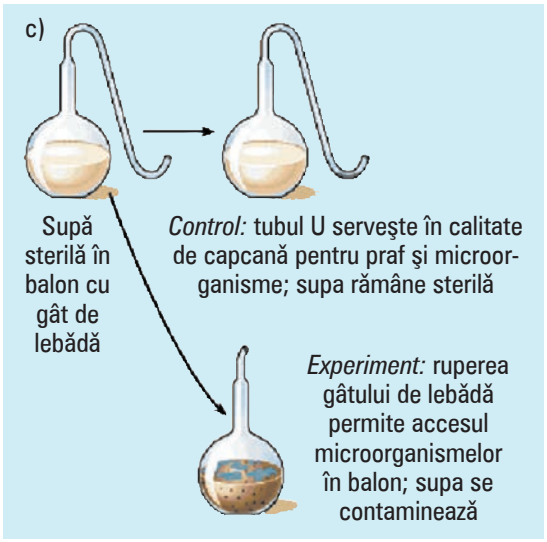
**3** • **Compară două ipoteze (la alegere) despre originea vieţii pe Pământ, în baza a cel puţin trei criterii, şi prezintă informaţia într-un tabel.**

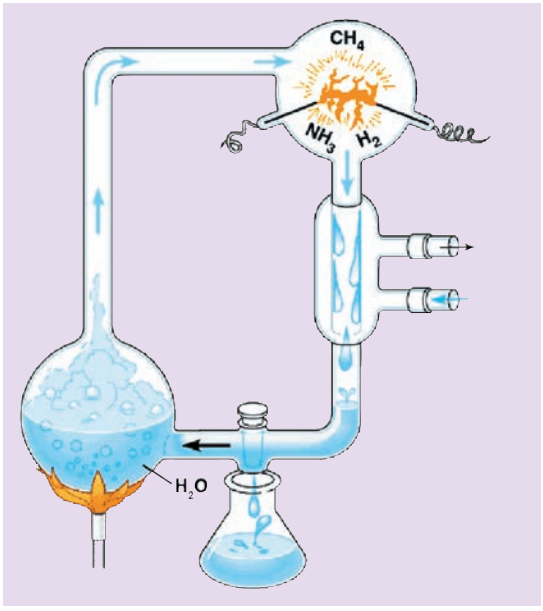
**4** • **Propune un experiment care ar putea confirma sau infirma apariţia vieţii.**

**5** • **Analizează schema de mai jos, care reprezintă experienţele lui L. Pasteur, şi scrie în caiet rezultatul celor trei experienţe, explicându-l printr-o propoziţie.**




**6** • **Prezintă 4–5 concluzii generale despre originea vieţii, pe baza informaţiei din codul de bare *QR 3.1.1*.**

*QR 3.1.1*

**7** • **Explică în 3–4 propoziţii cum au putut fi obţinute primele substanţe organice în condiţii extreme ale atmosferei primare. Vezi schema alăturată a experienţei lui S. Miller şi H. Urey şi informaţia din codul de bare QR *3.1.2*.**

*QR 3.1.2*

**8** • **Explică în 5–7 propoziţii următorul fenomen:**

În condiţii de laborator, în urma sintezei chimice se obţine un amestec racemic de L- şi D- forme de aminoacizi, atunci când pentru organismele vii sunt caracteristice formele L- de aminoacizi.

*QR 3.1.3*

**9** • **Realizează o prezentare în Power Point pe tema** Cum a apărut viaţa?, **consultând informaţia din codul de bare *QR 3.1.3*.**

**10** • **Expune într-o schemă logică posibilitatea apariţiei vieţii pe Pământ în condiţiile actuale.**

## 3. 2 Principiile evoluţiei biologice

Evoluţia este un proces al dezvoltării continue, atât în natură, cât şi în societate, care, prin schimbări cantitative, insesizabile la prima vedere, asigură transformări calitative radicale.

Raportată la lumea vie, evoluţia poate fi determinată ca un proces de dezvoltare a organismelor simple ce devin complexe, prin diverse procese biologice care generează noi structuri sau elemente structurale în cadrul unui plan de organizare existent, într-un timp îndelungat. Astfel, ea influenţează toate nivelurile de organizare supraindividuală – de la populaţie şi specie până la încrengături şi regn. În literatura de specialitate, evoluţia grupelor mari taxonomice (de exemplu, ordin, clasă, încrengătură etc.) este desemnată, de obicei, prin termenul *macroevoluţie*, iar evoluţia grupelor mici (de exemplu, specie) – prin termenul *microevoluţie*.

**Microevoluţia** reprezintă procesul de reorganizare adaptivă a populaţiilor, ce include apariţia de noi variaţii sub acţiunea selecţiei naturale, până la formarea de noi specii. Apariţia unei specii noi reprezintă procesul esenţial al evoluţiei biologice.

Actualmente, prin noţiunea de specie se subînţelege totalitatea de indivizi genetic asemănători după caracterele morfologice, fiziologice, biochimice, ce se pot încrucişa liber şi da urmaşi fecunzi, care sunt supuşi aceloraşi factori ai mediului şi ocupă un anumit areal.

Unele specii se deosebesc de altele după o serie de caractere, care reprezintă **criteriile speciei**, spre exemplu:

- *criteriul morfologic* – presupune asemănarea morfologică a indivizilor unei specii;
- *criteriul fiziologic* – presupune asemănarea proceselor vitale (metabolismul, reproducerea) la indivizii unei specii;
- *criteriul biochimic* – presupune asemănarea indivizilor unei specii după compoziţia chimică şi reacţiile biochimice;
- *criteriul genetic* – presupune asemănarea indivizilor unei specii după particularităţile organizării ereditare;
- *criteriul ecologic* – presupune asemănarea indivizilor unei specii după reacţia la factorii de mediu;
- *criteriul geografic* – presupune asemănarea după arealul ocupat de indivizii unei specii.

Ştiinţa care se ocupă cu studiul evoluţiei lumii organice se numeşte **evoluţionism.**

Bazele ştiinţifice ale mecanismelor evoluţiei biologice au fost puse de naturalistul englez **Charles Darwin**, în lucrarea sa *Originea speciilor*, publicată în 1859. Însă şi în perioada predarwinistă omenirea era preocupată de mecanismele evoluţiei organismelor. Oamenii încercau să explice variabilitatea organismelor vii şi, în acelaşi timp, asemănarea lor în plan structural şi funcţional. Astfel, apăreau diverse teorii ale evoluţiei lumii organice.

Printre sarcinile evoluţionismului pot fi menţionate:

- definirea conceptului *viu* şi identificarea nivelurilor de organizare şi integrare a viului;
- determinarea particularităţilor evoluţiei principalelor grupe de plante, animale, microorganisme;
- investigarea proceselor de microevoluţie şi macroevoluţie;
- elucidarea forţelor motrice ale evoluţiei lumii organice;
- determinarea poziţiei omului în natură şi studierea originii lui;
- identificarea mecanismelor de adaptare a sistemelor biologice;
- elaborarea teoriilor care ar explica procesele evolutive etc.

Evoluţia biologică se poate desfăşura în două direcţii principale – *progresivă* şi *de specializare.* Prin evoluţie progresivă se înţelege formarea unui nou tip de organizare sau a unor structuri noi, care oferă o direcţie inedită de evoluţie. Aceste schimbări sunt caracteristice unităţilor taxonomice mari şi sunt cunoscute sub denumirea *aromorfoze.* Drept exemple de aromorfoze pot servi apariţia cavităţii interne a corpului, a sistemului circulator de tip închis, a coardei, a inimii cu patru camere etc. (la animale) sau apariţia fotosintezei, diferenţierea organelor vegetative, fecundaţia dublă (la plante).

Evoluţia de specializare permite folosirea intensivă a resurselor deja existente, reprezentanţii specializându-se pentru nişe ecologice diferite. În urma specializării la condiţiile de trai, organismele dobândesc anumite *idioadaptări:* forma ciocului la păsări, structura membrelor la paracopitate etc. sau forma fructului, a seminţei, a florii etc.

În condiţii de parazitism, când organismul parazit trăieşte şi se hrăneşte pe seama organismului gazdă, specializarea se poate exprima prin reducerea anumitor organe sau chiar sisteme de organe. Acest proces se numeşte *degenerare* (de exemplu, reducerea sistemului circulator la tenia boului, reducerea rădăcinii la cuscută etc.).

Lumea vie funcţionează după anumite principii care îi asigură existenţa şi evoluţia. Se evidenţiază cinci principii de bază: ale simplităţii, economiei, preformării, restricţiei, determinismului fizic.

**Principiul simplităţii** presupune că la baza tuturor fenomenelor şi proceselor, în cele din urmă, se află lucruri simple. Se consideră că simplitatea este principiul dominant al organizării structurilor. Spre exemplu, toţi atomii sunt constituiţi din trei tipuri principale de particule: electroni, protoni şi neutroni; marea diversitate de proteine este formată doar din 20 de tipuri de aminoacizi principali; acizii nucleici cu o semnificaţie deosebită în conservarea şi perpetuarea speciilor sunt formaţi doar din patru tipuri de nucleotide.

Conform regulilor ei de bază, nici celula nu este exagerat de complexă, ceea ce îi permite funcţionarea şi supravieţuirea sa pe parcursul timpurilor. În linii generale, viaţa este copleşitor de simplă în imensitatea complexităţii sale.

**Principiul economiei** este strâns legat de principiul simplităţii în organizarea şi funcţionarea lumii vii. O structură care funcţionează bine este folosită extensiv în loc de a fi create altele noi. În multe macromolecule (proteine, acizi nucleici), o singură unitate (aminoacizii, nucleotidele) este repetată de mai multe ori. Simetria atât de comună în lumea vie reprezintă un caz particular de economie. În celulă, aceeaşi unitate membranară este utilizată spre a construi toate organitele.

Regulile economiei însă pot avea şi alte consecinţe, limitând activităţile diferitor organisme. Spre exemplu, plantele sunt obligate să folosească ca resurse chimice elementele din lumea minerală, iar animalele sunt obligate să obţină hrana fie de la plante (animalele erbivore), fie de la animale (animalele carnivore).

**Principiul preformării** presupune că fiecare specie, fiecare organism, fiecare structură, fiecare moleculă se formează în baza unui anumit program. La baza acestui program se află informaţia ereditară codificată în acizii nucleici.

Organizarea genelor şi a cromozomilor la organismele eucariote este de aşa natură încât ele pot experimenta noi soluţii, păstrând totodată pe cele vechi. Însă prezenţa preformării asigură o garanţie a continuităţii ordonate.

**Principiul restricţiei** asigură organizarea, funcţionarea şi evoluţia sistemelor biologice prin limitarea posibilităţilor potenţiale. Restricţiile sunt determinate de factorii de mediu care asigură o mai bună adaptare a organismelor. Spre exemplu, numărul de organite celulare este limitat de dimensiunile şi tipul celulei, iar numărul de indivizi în populaţie este limitat de sursa de hrană şi arealul ocupat.

Fiecare celulă-fiică primeşte de la celula-mamă aceeaşi informaţie ereditară, însă realizarea ei este restricţionată în cadrul dezvoltării individuale a organismului pluricelular.

**Principiul determinismului fizic** presupune dezvoltarea programată a organismelor. Schimbarea ordonată implică faptul că organismele au suferit modificări, aşa cum atestă datele fosile, însă fără să se fi modificat apreciabil construcţia lor internă. Restricţiile succesive sunt consecinţa faptului că fiecare cale nouă de dezvoltare a organismelor a generat limitări.

Determinismul fizic asigură menţinerea organizării şi ordinea interioară a indivizilor.

**1** • **Transcrie în caiet afirmaţiile de mai jos, completând spaţiul cu informaţia omisă.**

a) Evoluţia grupelor mari taxonomice, precum _____, _____, _____, se numeşte _____, iar evoluţia grupelor taxonomice mici, precum _____, se numeşte _____ .

b) Ştiinţa care se ocupă cu studiul evoluţiei lumii se numeşte _____ .

**2** • **Prezintă într-un tabel criteriile speciei, evidenţiind trăsăturile distincte.**

**3** • **Ilustrează sarcinile evoluţionismului prin schema „Piramida”.**

**4** • **Completează tabelul, indicând ideoadaptările la plantele şi animalele din localitate. (Pentru completarea tabelului, utilizează date din surse informaţionale: internet, literatură de specialitate, literatură artistică, observaţii proprii. Se realizează în caiet.)**

| Ideoadaptări / Exemple | La lumină | La temperatură | La umiditate |
|---|---|---|---|
| La plante: | | | |
| La animale: | | | |

**5** • **Explică în 5–7 propoziţii de ce degenerarea este considerată drept o cale a evoluţiei (progresului biologic), folosind informaţia din codul de bare *QR 3.2.1*.**

**6** • **Prezintă consecinţele evolutive ale apariţiei fotosintezei pentru diferite grupuri de organisme, utilizând informaţia din codul de bare *QR 3.2.2*.**

*QR 3.2.1*

*QR 3.2.2*

**7** • **Explică în 3–4 propoziţii de ce informaţia ereditară în celule este restricţionată pe parcursul dezvoltării individuale a organismului.**

**8** • **Explică principiul comun de organizare membranară a organitelor celulare.**

**9** • **Prin ce se deosebeşte principiul preformării de teoria preformismului expusă în codul de bare *QR 3.2.3*? Prezintă 3–4 concluzii.**

**10** • **Evaluează 4–5 transformări posibile ale dereglării ordinii interioare la nivel de individ sau biocenoză.**

*QR 3.2.3*

# Argumentele anatomiei comparate şi ale embriologiei în evoluţia lumii vii



Biologul român Emil Racoviţă a afirmat: „Evoluţia biologică este un fapt, rămân în discuţie căile pe care se realizează ea".

Această afirmaţie se bazează pe diversitatea dovezilor (legi, date experimentale etc.), fie naturale, fie experimentale, oferite de diferite discipline.

## Argumente ale anatomiei comparate

Morfologia şi anatomia comparată oferă dovezi ale evoluţiei după structura externă şi internă a organismelor.

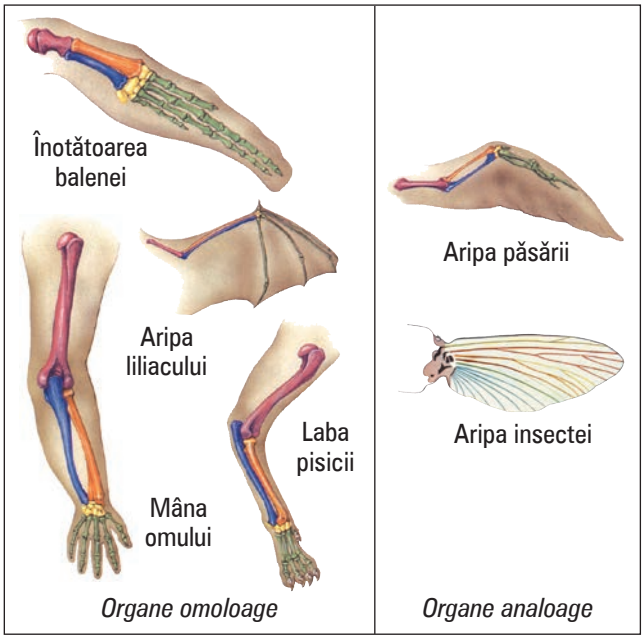
Printre argumentele anatomiei comparate pot fi menţionate:

- **Prezenţa organelor omoloage**

– organele omoloage au origine comună şi un plan unic de organizare, dar îndeplinesc funcţii diferite;

– ele indică o evoluţie divergentă (tulpina şi floarea la plante; paleta delfinului, aripa liliacului, piciorul calului, mâna omului).

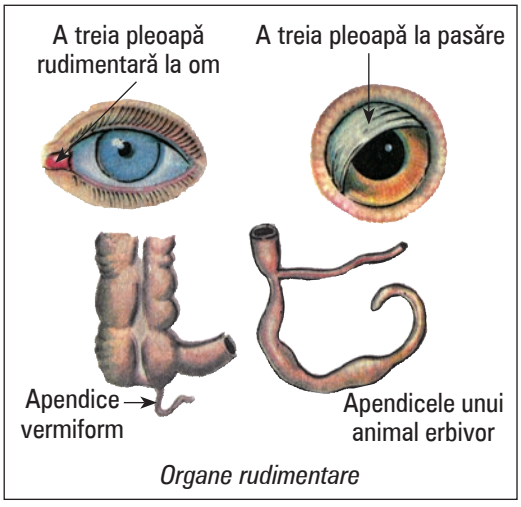
Organele omoloage prezintă un argument puternic pentru o origine evolutivă comună, deşi fiecare organ este adaptat pentru îndeplinirea unei anumite funcţii.




- **Prezenţa organelor analoage**

– organele analoage au origine diferită şi un plan diferit de organizare, dar îndeplinesc aceeaşi funcţie;

– ele indică o evoluţie convergentă (asemănarea organizării diferitor organisme care locuiesc în condiţii similare – înotătoarea peştelui şi paleta delfinului, aripile insectelor şi aripile mamiferelor zburătoare, spinii la cactus şi la păducel, tuberculii de cartof şi de gherghină).




Existenţa organelor analoage reprezintă un argument al evoluţiei biologice. Aceste organe, evoluând în acelaşi mediu şi îndeplinind aceeaşi funcţie, prezintă o formă asemănătoare, dar neidentică.

- **Prezenţa organelor rudimentare**

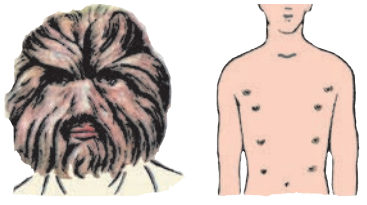
– organele rudimentare sunt organe care şi-au pierdut semnificaţia anterioară;

– ele indică asemănarea dintre diferite grupe de organisme (apendicele vermiform la om, măseaua de minte, membrana nictitantă a ochiului, muşchii urechii etc.).

Organele rudimentare existente astăzi dovedesc faptul că la strămoşii organismelor actuale ele erau bine dezvoltate şi funcţionau. Omul are peste 100 de asemenea organe.

Din cauza schimbării mediului şi a modului de viaţă al speciei, unele organe au devenit inutile pentru supravieţuire şi treptat au dispărut, devenind rudimentare.

Aceste observaţii au fost prezentate de J. B. Lamarck în sprijinul concepţiei sale referitoare la rolul „folosirii şi nefolosirii" organelor în evoluţie. Apariţia mutaţiilor constante reduc dimensiunile şi funcţiile unuia sau altui organ. Dacă aceste organe sunt necesare pentru supravieţuire, organismele ce cunosc asemenea mutaţii nu vor fi supuse riscului de a dispărea. Dacă organele nu sunt necesare pentru supravieţuire, ele se vor reduce dimensional progresiv, vor deveni „inutile" şi, eventual, vor fi eliminate.



*Atavisme la om*

• **prezenţa atavismelor**

– atavismele reprezintă nişte organe care au fost caracteristice (probabil) strămoşilor şi au dispărut;

– ele indică asemănarea dintre diferite grupe de organisme (prezenţa cozii externe şi a mai multor mameloane la om etc.).

## Argumente ale embriologiei

Embriologia ne oferă un şir de dovezi în baza legităţilor dezvoltării embrionare, şi anume:

• **Legea embriologică** (C. Ber, 1828)

– embrionii animalelor diferitor grupe de organisme se aseamănă între ei;

– embrionii animalelor superioare se aseamănă cu embrionii animalelor inferioare, şi nu cu formele adulte.

În etapele timpurii de dezvoltare, embrionii animalelor vertebrate se aseamănă foarte mult între ei după forma şi regiunile corpului, prezenţa fantelor branhiale etc. La această etapă este foarte dificilă diferenţierea unui embrion uman de un embrion de maimuţă, de găină, de şopârlă, de broască-ţestoasă sau de peşte.

Cu timpul, la embrioni apar unele caracteristici care pun în evidenţă trăsăturile generale ale claselor de vertebrate (forma capului, închiderea fantelor branhiale, evidenţierea regiunii craniene etc.). Spre sfârşitul embriogenezei, fiecare embrion capătă însuşirile caracteristice speciei.

Particularităţile dezvoltării embrionare a organismelor şi diferenţierea succesivă a caracterelor indică o origine comună a acestor organisme.

• **Legea recapitulării** (E. Haeckel, 1866)

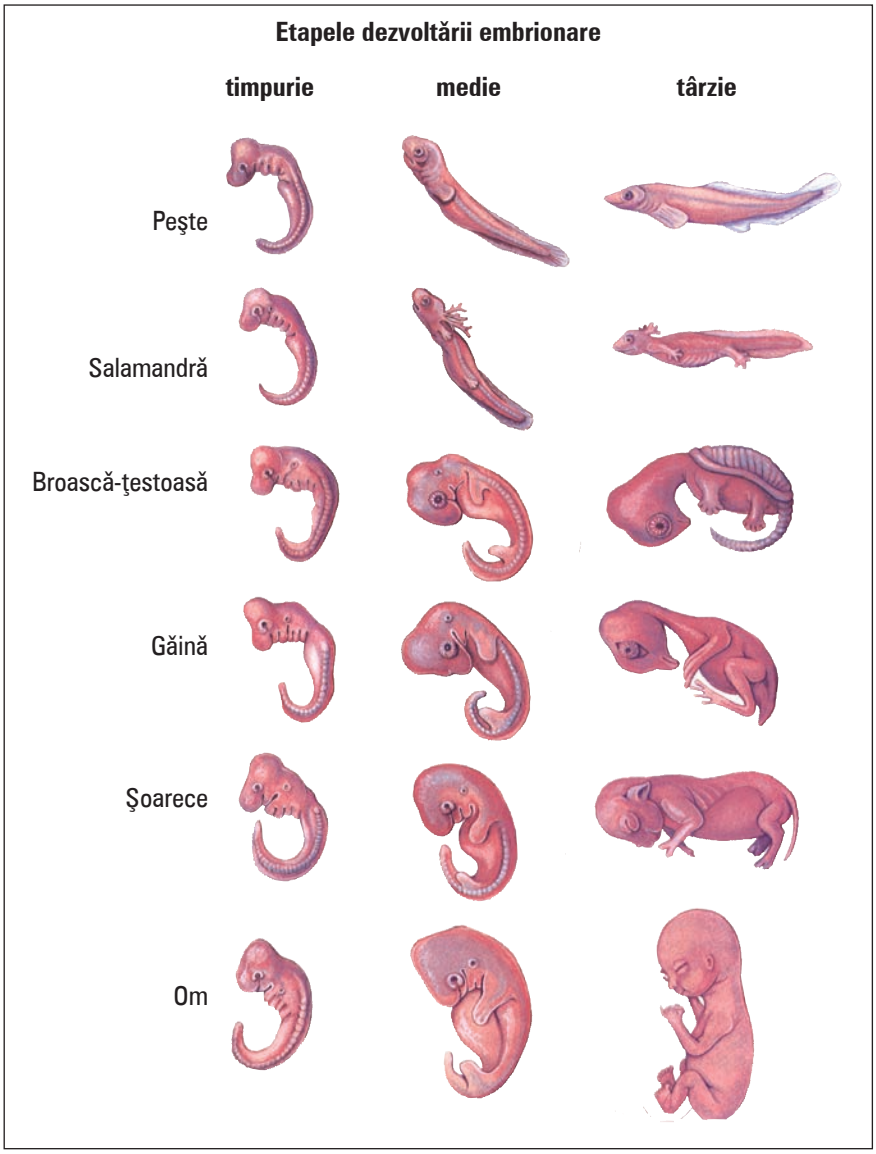
– dezvoltarea individuală a organismului (ontogeneza) reprezintă o succintă recapitulare a dezvoltării istorice a speciei (filogenezei) (mormolocul la amfibieni, larvele la fluturi, protalul la ferigi etc.).

Embrionul uman iniţial se aseamănă cu embrionul unui peşte (prezenţa fantelor branhiale, a cozii, a inimii cu un atriu şi un ventricul etc.). Mai târziu, el se aseamănă cu embrionul unei reptile (închiderea fantelor branhiale, dividerea atriului în două etc.). Spre a şaptea lună de dezvoltare intrauterină, acest embrion se aseamănă cu un embrion de maimuţă şi numai la naştere prezintă caracteristicile sale specifice.

• **Legea filembriogenezei** (A. N. Severţov, 1935)

– ontogeneza, fiind o succintă recapitulare a filogenezei, poate influenţa particularităţile dezvoltării filogenezei, ca urmare a modificărilor în structura şi funcţia organelor (diferenţierea solzilor la peşti şi la reptile: iniţial, solzii se dezvoltă din celulele ectodermului, iar mai apoi se diferenţiază în solzi ososi [la peşti] şi solzi cornoşi [la reptile]).

Cunoaşterea interacţiunii dintre ontogeneză şi filogeneză ne poate permite obţinerea unei imagini generale a dezvoltării organismelor. *Oul fecundat* poate fi comparat cu strămoşul flagelat unicelular al tuturor animalelor, *blastula* – cu un protozoar colonial sau cu unele forme sferice pluricelulare, care probabil a fost strămoşul celenteratelor şi al tuturor animalelor superioare, *gastrula* – cu un animal ancestral (numit *Gastrea*), care, în funcţie de particularităţile de dezvoltare, a evoluat în animale nevertebrate şi vertebrate.



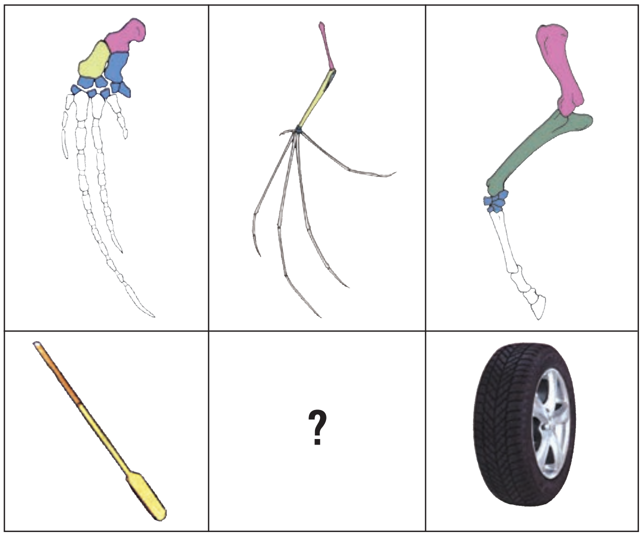

**1** • **Scrie câte 3 exemple de organe omoloage, organe analoage, rudimente şi atavisme.**

**2** • **Alege varianta corectă.**

**1** Organe omoloage sunt:
a) spinii la cactus şi ţepii la trandafir;
b) aripile la fluture şi aripile la liliac;
c) înotătoarea la rechin şi înotătoarea la delfin;
d) mâna omului şi laba pisicii.

**2** Organe rudimentare la om sunt:
a) apendicele vermiform;
b) a treia pleoapă a ochiului;
c) prezenţa mai multor mameloane;
d) a şi b.

**3** • **Rezolvă triada.**




**4** • **Citeşte afirmaţiile de mai jos constituite din două părţi şi încercuieşte** DA, **dacă partea a doua explică prima parte, şi** NU, **dacă partea a doua nu o explică.**
• **Scrie afirmaţia corectă. (Se realizează în caiet.)**

**A** DA NU Organele omoloage reprezintă dovezi ale evoluţiei organismelor, deoarece ele indică prezenţa principiului divergenţei.

**B** DA NU Laba pisicii şi piciorul omului sunt organe omoloage, deoarece ambele organe îndeplinesc funcţia de alergare.

**5** • **Explică în 3–4 propoziţii semnificaţia fenomenului recapitulării, în baza informaţiei din codul de bare *QR 3.3.1*.**

*QR 3.3.1*

**6** • **Determină asemănările şi deosebirile dintre rudimente şi atavisme, folosind modelul propus. (Se realizează în caiet.)**

**Asemănări:**

1. ___________________________________________
2. ___________________________________________
3. ___________________________________________

**Deosebiri**

↓

| **Rudimente** | **Criterii** | **Atavisme** |
|---|---|---|
| ____________ | ← ________ → | ____________ |
| ____________ | ← ________ → | ____________ |
| ____________ | ← ________ → | ____________ |

**7** • **Reflectă corelaţiile dintre următoarele noţiuni, aplicând cercurile Eyler:**
**a)** organe omoloage, organe analoage, anatomie comparată; **b)** rudiment, atavism, evoluţie.

**8** • **Prezintă într-un tabel avantajele şi dezavantajele dezvoltării embrionare a unui animal vertebrat.**

**9** • **Estimează consecinţele supradezvoltării unui organ rudimentar la om.**

**10** • **Evaluează tema** Ontogeneza este o succintă recapitulare a filogenezei **prin analiza SWOT.**

# Argumentele paleontologiei şi ale biologiei moleculare în evoluţia lumii vii



## Argumente ale paleontologiei

Paleontologia se ocupă cu studierea organismelor străvechi (fosile). Ea ne oferă un şir de argumente despre evoluţia biologică, printre care:

- **Resturile fosile**

– sunt reprezentate prin diverse oase (ale animalelor vertebrate) sau amprente în piatră (ale animalelor nevertebrate şi plante), găsite în rocile Pământului;

– particularităţile resturilor fosile indică legăturile de rudenie dintre diferite grupe sistematice de organisme.

- **Formele fosile de trecere**

– sunt reprezentate de organisme care posedă trăsături distincte pentru diferite grupe sistematice *(arheopterixul* – formă de trecere de la reptile la păsări; *tereodontul* – formă de trecere de la reptile la mamifere; *psilofitele* (rinofitele) – formă de trecere de la plantele acvatice la cele de uscat);

– indică legăturile de rudenie dintre diferite grupe sistematice de organisme.

- **Seriile filogenetice**

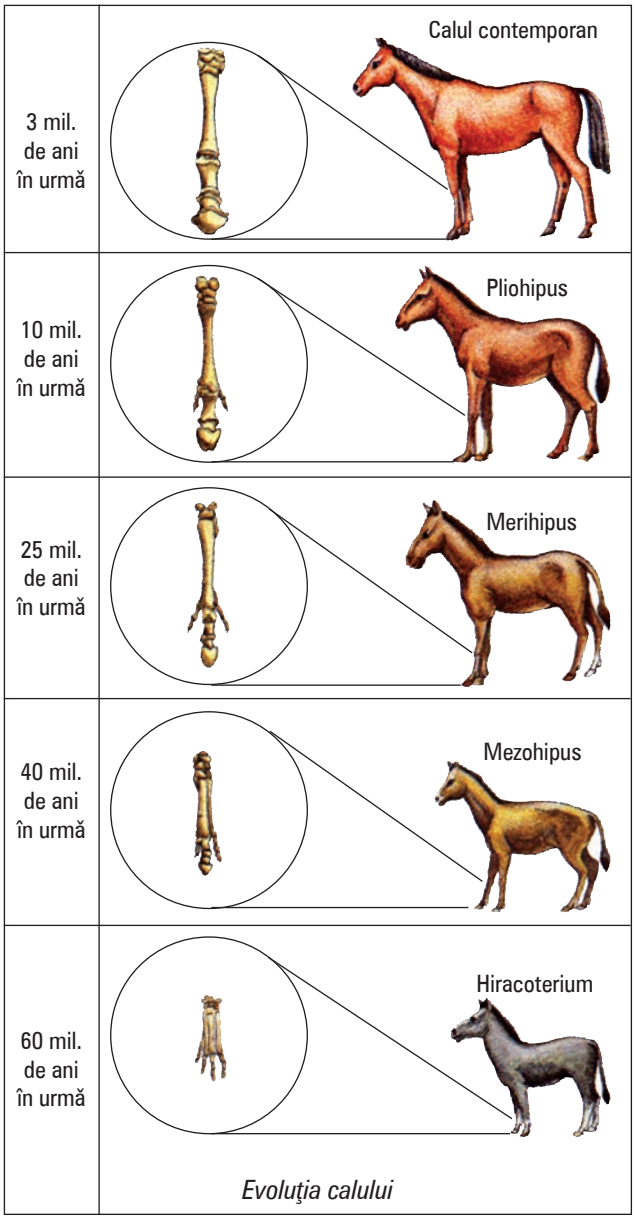
– reprezintă diferite grupe de organisme fosile, care au menirea să elucideze evoluţia unei specii actuale (de exemplu, a calului);

– arată calea evolutivă posibilă a unei specii.

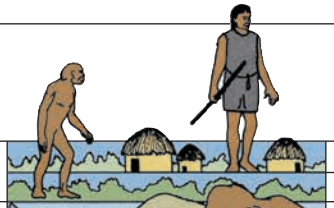
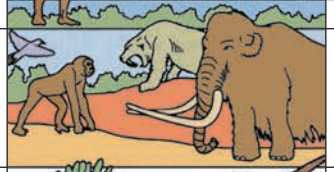
Datele paleontologiei, alături de cele ale anatomiei comparate şi ale embriologiei, ne oferă dovezi privind desfăşurarea evoluţiei biologice a Pământului, în trecut şi în prezent.

Scoarţa Pământului este alcătuită din cinci straturi majore de roci, fiecare fiind împărţit, la rândul său, în straturi minore. Aceste straturi de roci conţin fosile caracteristice pentru diferite părţi ale lumii.

Potrivit succesiunii straturilor de roci, timpul geologic a fost împărţit în ere, perioade şi epoci. Durata fiecărei perioade poate fi estimată după grosimea stratului rocii şi rata descompunerii elementelor radioactive (vezi schema de la p. 100).




*Evoluţia calului*

| Era | Perioada | Epoca | Milioane de ani în urmă | | Prezenţa organismelor |
|---|---|---|---|---|---|
| Cainozoică | Cuaternar | Holocen | 0.01 |  | Epoca civilizaţiei umane |
| | | Pleistocen | 2.5 | | Apariţia culturii umane |
| | Terţiar | Pliocen | 7 |  | Dominarea mamiferelor, păsărilor, insectelor<br>Diversificarea mamiferelor<br>Apariţia hominidelor |
| | | Miocen | 25 | | |
| | | Oligocen | 38 | | |
| | | Eocen | 54 | | |
| | | Paleocen | 65 | | |
| Mezozoică | Cretacic | | 136 | | Apogeul şi dispariţia dinozaurilor<br>Diversificarea secundară a insectelor<br>Apariţia primelor primate |
| | Jurasic | | 195 | | Diversificarea şi specializarea dinozaurilor<br>Apariţia primelor mamifere<br>Apariţia primelor păsări |
| | Triasic | | 225 | | Apariţia dinozaurilor |
| Paleozoică | Permian | | 280 | | Expansiunea reptilelor; declinul amfibienilor |
| | Carbonifer | Pennsylvaniană | 321 | | Epoca amfibienilor<br>Diversificarea insectelor<br>Apariţia reptilelor |
| | | Mississippiană | 345 | | |
| | Devonian | | 395 | | Epoca peştilor<br>Apar vertebratele de uscat (amfibienii) |
| | Silurian | | 435 | | Apariţia primelor animale cu respiraţie pulmonară (scorpionii); diversificarea peştilor |
| | Ordovician | | 500 | | Dezvoltarea nevertebratelor marine<br>Apariţia primelor vertebrate (peştii) |
| | Cambrian | | 570 | | Apariţia nevertebratelor marine primitive, a trilobiţilor, a animalelor cu schelet |
| Proterozoică | Precambrian | | 1500 | | Apariţia primelor eucariote şi a organismelor pluricelulare |
| | | | 2500 | | Apariţia organismelor procariote |

Între erele majore au existat extinse mişcări geologice, numite revoluţii geologice, care au ridicat sau au coborât vaste regiuni ale suprafeţei Pământului.

Cea mai veche eră, Arhaică, a durat circa 2 miliarde de ani şi s-a caracterizat printr-o activitate vulcanică foarte intensă şi mişcări enorme de straturi geologice. Căldura, presiunea şi mişcările tectonice au distrus cele mai multe dintre fosilele care ar fi putut fi prezente. Totuşi, au fost depistate urme de viaţă, fapt despre care ne vorbeşte cantitatea de grafit prezent în aceste roci.

Era Proterozoică a fost, din punct de vedere geologic, mai liniştită, cu o activitate vulcanică mai redusă, un proces de sedimentare extins şi o mare perioadă de glaciaţie. Fosilele identificate arată că viaţa a fost prezentă şi că evoluţia s-a desfăşurat foarte rapid.

Spre sfârşitul erei Paleozoice, au apărut deja toate filumurile şi clasele de plante şi animale, cu excepţia păsărilor şi mamiferelor. Atât plantele, cât şi animalele din perioada Cambrian trăiau în mare. Uscatul era un pustiu ciudat, lipsit de viaţă până în perioada Ordovician, când plantele au colonizat uscatul.

Era Mezozoică a început cu circa 225 milioane de ani în urmă. Această eră se caracterizează printr-o enormă evoluţie, diversificare şi specializare a reptilelor. Însă, la sfârşitul perioadei Cretacic, cea mai mare parte a reptilelor a dispărut, aparent din cauză că nu au fost capabile să se adapteze la schimbările geologice şi de climă.

Era Cainozoică se subdivide în perioada timpurie – Terţiar, care a durat 65 milioane de ani – şi perioada prezentă – Cuaternar, care a început acum 2,5 milioane de ani. În această perioadă a apărut omul primitiv.

### Argumente ale biologiei moleculare şi celulare

Viaţa pare foarte diversă la nivel macroscopic, în schimb, la nivel molecular, organismele prezintă un şir de similitudini. Printre ele pot fi menţionate:

- **Fundamentul molecular**

– ATP-ul este o moleculă unică, având capacitatea de a conserva şi de a transforma energia în organismele vii;

– proteinele sunt alcătuite din 20 de tipuri de aminoacizi la toate organismele vii;

– acizii nucleici (ADN şi ARN) sunt alcătuiţi din 4 tipuri de nucleotide la toate organismele vii;

– codul genetic este universal, adică acelaşi codon (triplet de nucleotide) determină acelaşi aminoacid, indiferent de natura organismului (plantă, animal etc.).

Complexitatea şi diversitatea organismelor vii sunt determinate de diversitatea proceselor biochimice, dar, pe de altă parte, cele mai multe proprietăţi fiziologice de bază ale tuturor celulelor sunt determinate de funcţii chimice comune. Atât plantele, cât şi animalele utilizează aceleaşi substanţe în cadrul respiraţiei şi depozitează rezerve chimice similare.

- **Fundamentul celular**

Citoplasma este, de asemenea, alcătuită din aceleaşi structuri şi din aceleaşi organite celulare la plante şi la animale, cu excepţia unor organite specifice anumitor tipuri de celule. Reticulul endoplasmatic, mitocondriile, aparatul Golgi, ribozomii, anvelopa nucleară etc. sunt, în esenţă, asemănătoare la plante şi la animale.

Fără dificultăţi majore se poate realiza fuziunea dintre celulele animale şi protoplaştii vegetali (celule vegetale al căror perete celular a fost îndepărtat prin tratament enzimatic), ceea ce demonstrează asemănarea celulelor animale cu cele vegetale.

**1** • **Enumeră argumentele paleontologiei în evoluţia lumii vii.**

**2** • **Alege varianta corectă.**

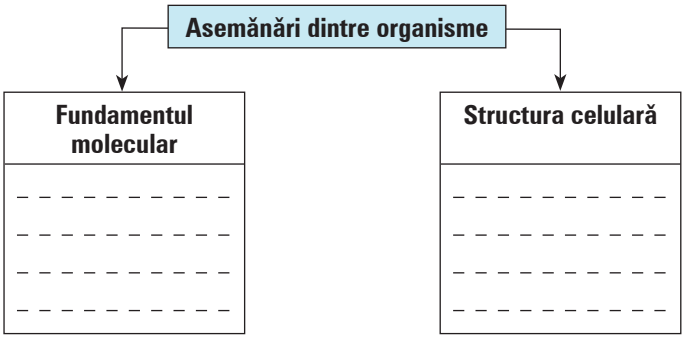
**1** Forme fosile de trecere ale organismelor vegetale sunt:
a) arheopterixul;
b) psilofitele;
c) tereodontul;
d) toate.

**2** Argumente ale paleontologiei sunt:
a) resturile fosile;
b) seriile filogenetice;
c) universalitatea codului genetic;
d) punctul *a* şi *b*.

*QR 3.4.1*

**3** • **Elaborează o schemă a dispariţiei mamuţilor în baza informaţiei din codul de bare *QR 3.4.1*.**

**4** • **Completează în caiet schema alăturată şi prezintă două concluzii generale.**




**5** • **Explică în 5–7 propoziţii de ce organismele sunt atât de diferite la nivel macroscopic şi atât de asemănătoare la nivel microscopic.**

**6** • **Reflectă prin cercurile Eyler corelaţiile dintre următoarele noţiuni:**
**a)** merihipus – pliohipis; **b)** codoni – aminoacizi.

**7** • **Redactează pentru fratele tău/sora ta mai mică o scurtă poveste (1700 de semne), pe baza textului şi a imaginilor din lecţie, şi intituleaz-o.**

**8** • **Alcătuieşte un ghid pentru elevii claselor a 12-a, în care să prezinţi exponatele paleontologice ale Muzeului de Etnografie şi Istorie Naturală, consultând linkul *www.muzeu.md*.**

**9** • **Prezintă 3–4 concluzii cu referire la cauzele dispariţiei dinozaurilor, în baza informaţiei din codul de bare *QR 3.4.2*.**

*QR 3.4.2*

**10** • **Explică în 7–8 propoziţii prezenţa unui număr restrâns de forme de trecere fosile şi lipsa lor pentru majoritatea absolută a organismelor.**

# Factorii evoluţiei: ereditatea şi variabilitatea



Evoluţia lumii organice este determinată de diferiţi factori, numărul lor fiind foarte variat. Însă problema factorilor evoluţiei este mult mai complicată decât pare. Aceasta se poate observa după modul în care sunt clasificaţi aceşti factori şi după cum este interpretat rolul şi modul lor de acţiune. Majoritatea savanţilor disting:

1. **ereditatea** – asigură conservarea speciei;
2. **variabilitatea** – asigură prezenţa materialului pentru selecţie;
3. **lupta pentru existenţă** – asigură interacţiunea organismelor cu mediul înconjurător;
4. **selecţia naturală** – asigură supravieţuirea şi reproducerea diferenţiată a celor mai adaptaţi indivizi.

**Ereditatea** reprezintă proprietatea tuturor organismelor de a păstra şi de a transmite caracterele ereditare de la părinţi la descendenţi. Prin ereditate se realizează reproducerea identică a organismelor, ceea ce asigură existenţa lor ca specie.

Unitatea genetică fundamentală purtătoare a informaţiei genetice este gena. În concepţia geneticii clasice, gena era considerată indivizibilă. Astăzi, ea este percepută ca o unitate complexă, divizibilă, cu subunităţi, având structuri şi roluri diferite. În acelaşi timp, ea reprezintă o unitate integrală ce asigură trei funcţii majore: mutaţia (modificarea unei gene generează mutaţii), recombinaţia (regruparea genelor între cromozomii omologi în cadrul meiozei) şi funcţia fiziologică (asigurarea manifestării caracterelor fenotipului).

Genele funcţionează în interdependenţă. Activitatea genelor structurale, care codifică informaţia despre proteinele structurale sau anumite enzime, este controlată de diferite tipuri de gene reglatoare. Caracterele fenotipice sunt determinate mai rar de o singură genă. De regulă, o genă contribuie la realizarea mai multor caractere fenotipice (*pleiotropism*), după cum mai multe gene pot contribui la realizarea unui singur caracter (*poligenism*).

Manifestarea unei gene structurale depinde atât de mediul genetic (prezenţa genelor reglatoare şi interacţiunea genelor), cât şi de mediul extern în care se află organismul (factorii abiotici şi biotici).

Cercetările de ultimă oră relevă rolul evolutiv al genelor reglatoare care influenţează amplasarea şi acţiunea genelor structurale. Activitatea genelor este diferenţiată, ele fiind activate sau represate în dependenţă de etapa ontogenezei organismului, natura organului sau ţesutului, starea fiziologică a celulei.

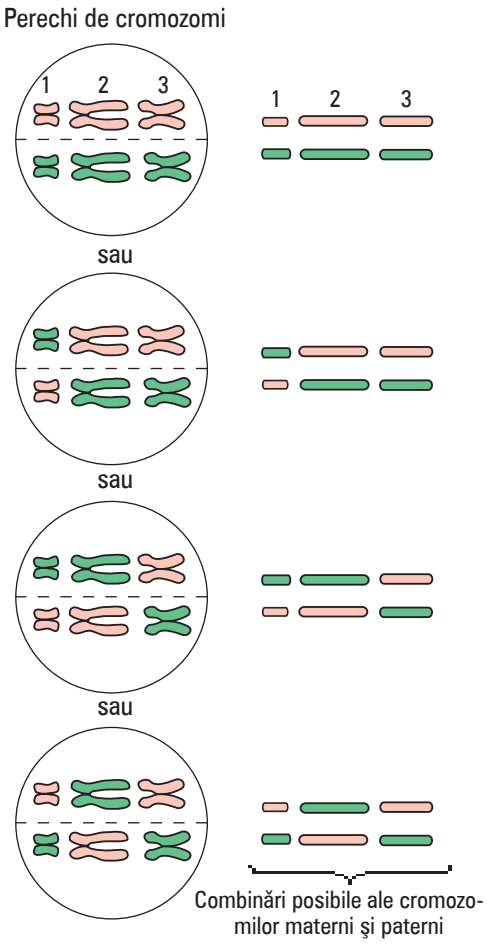
**Variabilitatea** reprezintă proprietatea generală a organismelor de a obţine caractere noi sub acţiunea factorilor variabili ai mediului. Ea poate fi:

a) **neereditară**
- decurge fără a afecta materialul ereditar;
- este cauzată de mediul de trai (hrană, temperatură, lumină etc.);
- asigură adaptarea organismului la condiţiile de mediu;
- are o semnificaţie evolutivă mai puţin pronunţată;

b) **ereditară**
- afectează materialul ereditar;
- este cauzată de factori mutageni (fizici, chimici, biologici);
- asigură adaptarea speciei;
- are o semnificaţie evolutivă pronunţată.

Variaţiile ereditare includ *mutaţiile* şi *recombinările genetice.* Mutaţiile reprezintă modificări ce se produc la nivelul genelor, cromozomilor sau al altor constituenţi celulari purtători ai eredităţii.

Mutaţiile constituie o sursă importantă de variaţii, care nu numai că îmbogăţeşte populaţia cu noi forme, dar şi sporeşte heterogenitatea populaţiei, asigurând adaptabilitatea ei. Aceste variaţii reprezintă un important factor al evoluţiei, deoarece constituie materialul de bază asupra căruia acţionează selecţia naturală în vederea realizării unor populaţii sau specii. Însă mutaţiile nu dirijează cursul evoluţiei, dovadă că majoritatea mutaţiilor sunt neutre.




*Repartizarea întâmplătoare a cromozomilor în meioză (metafaza 1)*

Recombinarea genetică reprezintă un proces ce este legat de formarea gameţilor în cadrul meiozei. Ea nu determină schimbări ale genelor, ci doar modificarea modului lor de combinare în genotipul dat. În acest caz, recombinările genetice reprezintă sursa cea mai bogată de variaţii ereditare (vezi schema).

Mutaţiile şi recombinările genetice contribuie la apariţia în cadrul populaţiei a unui polimorfism genetic, care asigură o mai bună adaptare şi selectare a organismelor.

Polimorfismul presupune existenţa a trei sau a mai multe forme dinstincte în cadrul unei specii vegetale sau animale.

Există mai multe tipuri de polimorfism:

- *Polimorfism echilibrat*, determinat de echilibrul dintre formele homozigote şi heterozigote, dintre combinaţiile de gene alele, dintre diferite sexe etc. În cazul polimorfismului echilibrat, două sau mai multe forme de organisme coexistă într-un raport stabil în cadrul populaţiei, fiecare dintre forme prezentând atât avantaje, cât şi dezavantaje. De exemplu, la gândacul *Adalia bipunctata*, în timpul primăverii, predomină forma de culoare roşie, iar în timpul toamnei – cea de culoare neagră, care este mai sensibilă la iernare.

  În rândul populaţiei de culoare din Africa Centrală apar trei tipuri de indivizi după structura hematiilor: indivizi ce au hemoglobina normală, indivizi cu o formă atenuată a anemiei falciforme (au hemoglobina anormală), indivizi cu anemie cronică letală. Indivizii cu forma atenuată a anemiei falciforme sunt mai rezistenţi la malarie, menţinând astfel concentraţia genei respective.

- *Polimorfism efemer*, determinat de capacitatea unei alele cu o valoare adaptativă superioară de a substitui o altă alelă. Drept exemplu poate servi melanismul industrial întâlnit la fluturele *Biston betularia,* care a permis adaptarea unor forme de o culoare mai închisă la condiţiile de mediu poluat cu deşeurile manufacturilor.

*Melanismul industrial la cotarul-de-mesteacăn (Biston betularia)*

*Diversitatea de culori ale cochiliilor melcilor din regiunea insulelor Caraibe*

- *Polimorfism neutral*, determinat de acţiunea genelor neutre asupra capacităţii de supravieţuire a organismelor. De exemplu, diferite combinări ale alelelor ce determină culoarea benzilor pe cochiliile melcilor asigură o varietate enormă în populaţiile acestor organisme şi, ca rezultat, supravieţuirea lor în anumite condiţii de trai.
- *Polimorfism ecologic*, determinat de capacitatea de adaptare a anumitor organisme în cadrul populaţiei la diferite subnişe ecologice.
- *Polimorfism criptic*, determinat de modificările care nu se exprimă la nivelul fenotipului.

Polimorfismul genetic este caracteristic majorităţii grupelor de organisme şi constituie un factor important de protecţie şi conservare a speciei în decursul evoluţiei. Totodată, polimorfismul genetic poate constitui un factor important în expansiunea speciilor.

**1** • **Completează schema în caiet.**

**FACTORII EVOLUŢIEI**

- EREDITATEA – asigură _ _ _ _ _ _ _ speciei.
- VARIABILITATEA – asigură prezenţa materialului pentru _ _ _ _ .
- _ _ _ _ _ _ _ – asigură _ _ _ _ _ _ _ .
- SELECŢIA NATURALĂ – asigură _ _ _ _ celor mai adaptaţi indivizi.

**2** • **Prezintă un exemplu de repartizare a 3 caractere în baza imaginii de la p. 104. În calitate de obiect de studiu poţi utiliza mazărea.**

**3** • **Alcătuieşte o integramă în baza cuvântului *variabilitate*, formulând întrebări ce reflectă adaptările în lumea vegetală şi animală.**

**4** • **Exclude intrusul şi argumentează de ce l-ai exclus.**

Polimorfism echilibrat, polimorfism efemer, polimorfism neutral, polimorfism criptic.

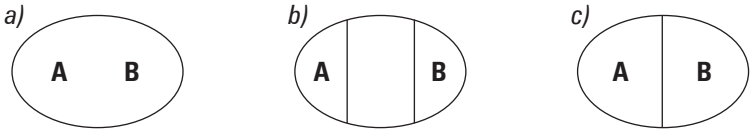
**5** • **Completează în caiet schema de mai jos, propunând nu mai puţin de 3 criterii de comparaţie.**

**Deosebiri**

| Variabilitatea ereditară | Criterii | Variabilitatea neereditară |
|---|---|---|
| — — — — — — — — | ← — — — — → | — — — — — — — — |
| — — — — — — — — | ← — — — — → | — — — — — — — — |
| — — — — — — — — | ← — — — — → | — — — — — — — — |

**6** • **Întocmeşte un plan pe baza căruia să descrii esenţa eredităţii ca factor al evoluţiei.**

**7** • **Scrie în caiet câte două noţiuni care ar reflecta următoarele tipuri de corelaţii, exprimate prin cercurile Eyler.**




**8** • **Prezintă, utilizând metoda „Tabelul”, consecinţele pentru organisme ale lipsei recombinărilor genetice.**

**9** • **Demonstrează rolul evolutiv al eredităţii şi variabilităţii, aplicând metoda grafurilor (vezi p. 176).**

**10** • **Evaluează semnificaţia evolutivă a polimorfismului organismelor, în baza informaţiei din codul de bare *QR 3.5.1*.**

*QR 3.5.1*

# 3. 6 Factorii evoluţiei: interacţiunea organismelor cu factorii de mediu şi selecţia naturală

Evoluţia organismelor este determinată de interacţiunea lor cu factorii de mediu. Interacţiunea individului în cadrul populaţiei cu factorii mediului a fost definită de Ch. Darwin ca **luptă pentru existenţă.** El utiliza acest termen în sens metaforic, semnificând, de fapt, totalitatea relaţiilor organismelor cu mediul.

Lupta pentru existenţă caracterizează interacţiunea organismelor cu natura. De aceea, ea include nu numai relaţiile concurente (cum ar sugera termenul), ci şi relaţiile neutre şi neconcurente (simbiotice).

Lupta pentru existenţă depinde de un şir de factori, printre care:

- *prolificitatea organismelor* – cu cât individul este mai prolific, cu atât fluctuaţiile numerice în populaţie sunt mai frecvente şi concurenţa este mai aprigă;
- *viteza de eliminare* a organismelor din populaţie – eliminarea organismelor generează o luptă mai aprigă pentru existenţă în populaţie;
- *densitatea populaţiei* – suprapopularea reprezintă una dintre cauzele principale ale luptei pentru existenţă;
- *vârsta organismelor* – cei mai tineri indivizi, de regulă, pier mai repede, generând o concurenţă mai aprigă;
- *adaptabilitatea relativă* a organismelor – orice adaptare îi este convenabilă organismului în anumite condiţii (invariabile) ale mediului;

Lupta pentru existenţă reprezintă *cauza* principală a *selecţiei naturale,* deoarece determină direcţia selecţiei în cadrul evoluţiei biologice.

În funcţie de factorii mediului cu care interacţionează un organism, se pot defini:

1. *relaţii cu factorii abiotici* (mecanici, fizici, chimici);
2. *relaţii cu factorii biotici* (alte organisme);
   2.1. *relaţii intraspecifice* – interacţiunea cu alte organisme în cadrul aceleiaşi populaţii (specii);
   2.2. *relaţii interspecifice* – interacţiunea cu organismele ce aparţin populaţiilor diferitor specii.

În condiţii naturale, factorii mediului acţionează concomitent şi nu pot fi separaţi.

Sub acţiunea factorilor abiotici ai mediului de trai, atât organismele animale, cât şi cele vegetale au obţinut diferite adaptări (vezi tabelul).

**Adaptările plantelor şi ale animalelor la factorii abiotici**

| Factori abiotici | Adaptări ale plantelor | Adaptări ale animalelor |
|---|---|---|
| Temperatură înaltă | modificarea frunzelor (spini) şi a tulpinilor (au devenit suculente), alungirea rădăcinilor, reducerea intensităţii transpiraţiei etc. | izolarea termică prin dezvoltarea unor cavităţi sub elitrele insectelor, alungirea picioarelor, culoarea deschisă, îngroparea în nisip, modul de viaţă nocturn etc. |
| Temperatură scăzută | dimensiuni mici, deshidratarea ţesuturilor, acumularea de substanţe crioprotectoare, căderea frunzelor, încetinirea proceselor metabolice etc. | deshidratarea ţesuturilor, creşterea presiunii osmotice în ţesuturi, acumularea de substanţe crioprotectoare, hibernarea, stratul gros de grăsime la mamifere etc. |
| Umiditate scăzută | alungirea puternică a rădăcinii, reducerea transpiraţiei, acoperirea frunzelor cu un strat de ceară, transformarea frunzelor (în spini), creşterea presiunii osmotice în celule, dezvoltarea unor tulpini suculente etc. | impermeabilitatea tegumentului, reducerea glandelor sudoripare, reducerea cantităţii de apă eliminată cu urina, utilizarea apei metabolice, mediul nocturn de viaţă, ascunderea în nisip, repausul de vară etc. |
| Lumină | specializarea în plante de zi lungă şi de zi scurtă, specializarea aparatului fotosintetic, ritmicitatea stomatelor etc. | dezvoltarea unor organe luminoase speciale, pigmentaţia diversă, alternanţa între mediul de trai de zi şi cel de noapte etc. |

Factorii biotici sunt reprezentaţi de relaţiile dintre diferite organisme. Aceste relaţii pot fi neutre (0), pozitive (+) sau negative (–). Se pot evidenţia următoarele tipuri de relaţii interspecifice:

• *neutralismul* (0 0) – relaţiile nu afectează în mod direct niciuna dintre speciile vecine (veveriţele şi păsările dintr-o pădure);

• *competiţia* (– –) – relaţia dintre două populaţii diferite, care necesită aceeaşi nişă ecologică sau aceeaşi sursă de hrană (lupul şi vulpea);

• *amensalismul* (0 –) – relaţia nu este obligatorie pentru nicio specie de organisme, dar în cadrul interacţiunii produsele metabolice ale unuia pot inhiba dezvoltarea altuia (ciupercile de mucegai şi bacteriile de putrefacţie);

• *parazitismul* (+ –) – relaţia prezintă efect pozitiv pentru organismul parazit şi efect negativ pentru organismul gazdă (ascarida şi omul);

• *predatorismul* (+ –) – relaţia este similară parazitismului, cu excepţia că organismul parazit îşi omoară, de obicei, prada (lupul şi iepurele);

• *comensualismul* (+ 0) – relaţie obligatorie pentru organismul comensual şi neutră pentru organismul gazdă (bacilul coli şi intestinul omului);

• *protocooperarea* (+ +) – relaţie între două specii diferite, profitabilă pentru ambele, dar nefiind obligatorie pentru niciuna dintre ele (crabii şi actiniile de pe spatele lor);

• *mutualismul* (+ +) – relaţie în urma căreia profită ambele specii de organisme (ciupercile de micoriză şi rădăcinile arborilor, bacteriile fixatoare de azot şi plantele leguminoase, plantele cu flori şi insectele ce le polenizează).

Adaptarea organismelor în cadrul relaţiilor cu factorii abiotici şi biotici este dirijată de selecţia naturală.

**Selecţia naturală** reprezintă procesul în care se păstrează organismele cele mai adaptate la condiţiile de trai. Se consideră că anume ea determină direcţia evoluţiei organismelor.

Selecţia naturală acţionează asupra genotipurilor organismelor prin intermediul fenotipului lor. Drept urmare:

• apar organisme cu noi caractere adaptive, determinate de factorii mediului;

• sunt eliminate din populaţii organismele posesoare de caractere care şi-au pierdut valoarea adaptivă în noile condiţii de trai;

• sunt valorificate organismele care şi-au confirmat adaptabilitatea în condiţiile respective de trai.

Eficacitatea selecţiei naturale poate fi determinată după **coeficientul de selecţie** (s):

$$s = \frac{p_1 - p}{p_1 - pp_1},$$

unde p – frecvenţa alelei în prima generaţie; $p_1$ – frecvenţa alelei în generaţia a doua.

Coeficientul de selecţie indică avantajul selectiv al genei ce determină un anumit caracter.

Selecţia naturală reprezintă un proces vectorial, deoarece are trei caracteristici specifice:

1. *punct iniţial* – caracterul pe baza căruia se efectuează selecţia în populaţie;
2. *mărime* – determinată de coeficientul de selecţie;
3. *direcţie* – determinată de particularităţile luptei pentru existenţă.

Există mai multe forme de selecţie naturală (vezi schema).

1. **Selecţia naturală motrice (direcţională)**

• decurge în condiţii variabile ale mediului;

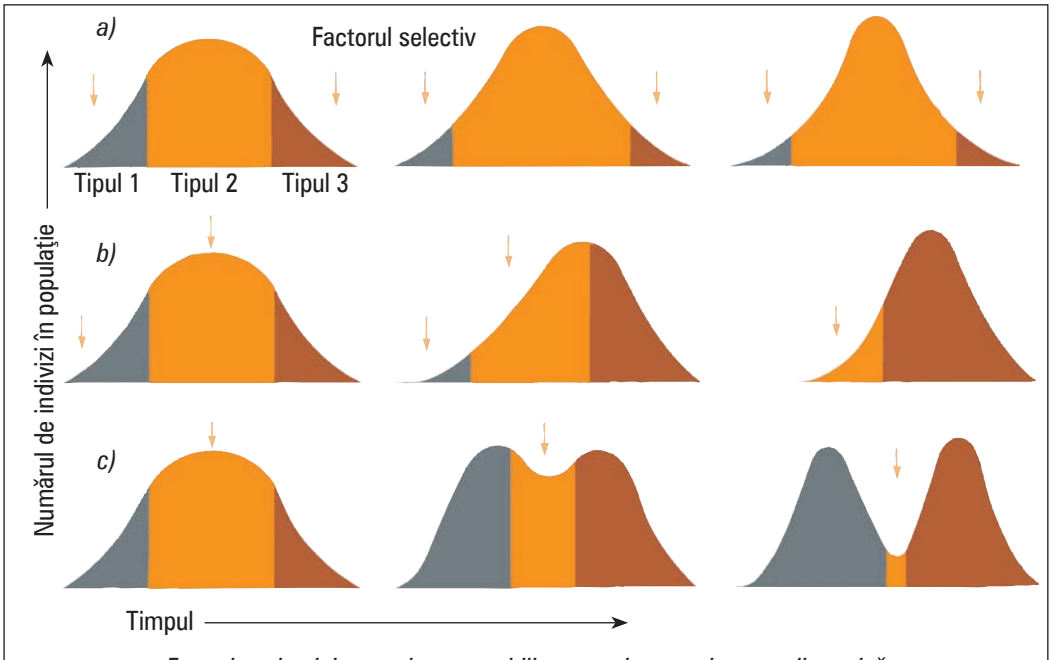
• se evidenţiază organismele mai adaptive sub acţiunea factorului selectiv;

• sunt eliminate din populaţii formele care nu sunt adaptate la condiţiile variabile ale mediului;

• sub acţiunea selecţiei motrice se modifică structura genetică a populaţiei.

Drept exemplu de selecţie naturală motrice poate servi melanismul industrial la fluturele *Biston betularia.* Sub acţiunea poluării mediului, populaţia iniţială a fluturilor de culoare albă a fost substituită cu o populaţie alcătuită din fluturi de culoare închisă.

Fumul produs de uzine din zona industrială a oraşului englez Manchester a modificat esenţial mediul de trai al acestei specii. Tulpina înnegrită a arborilor de mesteacăn a avantajat formele de fluturi de culoare închisă. Dacă în anul 1848, fluturii de culoare închisă reprezentau doar 1% din populaţii, atunci în 1898 ei constituiau deja 99%. Forma modificată (*carbonaria*), fiind mai rezistentă la praful mineral şi avantajată de culoare, s-a dovedit mai bine adaptată în zonele industriale poluate.




*Formele selecţiei naturale: a – stabilizatoare; b – motrice; c – disruptivă*

2. **Selecţia naturală stabilizatoare**

- decurge în condiţii mai mult sau mai puţin stabile ale mediului ambiant;
- nu exclude prezenţa heterogenităţii în cadrul populaţiei;
- asigură conservarea caracterelor care şi-au adeverit semnificaţia adaptivă;
- în cadrul selecţiei stabilizatoare, formele extreme sunt eliminate din populaţii;
- eliminarea poate fi condiţionată sau necondiţionată.

Drept exemplu de selecţie naturală stabilizatoare poate servi greutatea medie a fătului la om. Majoritatea absolută a nou-născuţilor au o greutate de circa 3,4–3,6 kg. Investigaţiile, realizate pe un număr mare de copii nou-născuţi, arată că în prima lună a vieţii mortalitatea maximă se înregistrează, pe de o parte, la copiii cei mai grei, iar pe de altă parte – la cei mai uşori.

*Selecţia stabilizatoare* poate fi *de normalizare,* care asigură păstrarea formelor deja existente, şi *de canalizare,* care determină evoluţia proceselor ontogenetice.

3. **Selecţia naturală disruptivă**

- decurge în cadrul populaţiilor heterogene;
- asigură păstrarea formelor extreme şi eliminarea celor intermediare;
- favorizează două sau mai multe fenotipuri din populaţii;
- determină prezenţa unui polimorfism echilibrat în cadrul populaţiei.

Drept exemplu de selecţie disruptivă poate servi apariţia unor forme diverse de drosofilă în condiţii de laborator sau a unor forme diverse de fluturi în populaţia iniţială a speciei *Papilio dardanus*.

În Africa există diferite specii de fluturi mimetici, la care femelele sunt de mai multe tipuri, imitând diferite specii necomestibile. Fiecare tip de femelă imită câte o specie de fluturi necomestibili din familia *Danaide.* În acest caz, selecţia disruptivă a diferenţiat dintr-un grup comun de origine mai multe forme, deşi între ele nu a existat şi nu există izolare geografică.

**1** • **Transcrie în caiet propoziţiile şi completează-le cu informaţia corespunzătoare.**

Evoluţia organismelor este determinată de _____ organismelor cu _____ .
Acest proces a fost definit de Ch. Darwin _____ .

**2** • **Descrie esenţa particularităţilor luptei pentru existenţă.**

**3** • **Reprezintă într-un tabel tipurile de relaţii ale organismelor cu factorii de mediu, oferind câte un exemplu.**

**4** • **Ilustrează, prin schema „Cluster", adaptările la factorii de mediu:**
**a)** ale unei plante din zona temperată;
**b)** ale unui animal de pustiu.

**5** • **Prezintă într-un tabel particularităţile adaptive a două plante din două zone geografice diferite.**

**6** • **Explică în 5–7 propoziţii următoarele fapte:** anghila trăieşte în râu, dar depune icrele în mare; somonul trăieşte în mare, dar depune icrele în râu.

**7** • **Enumeră deosebirile dintre două forme de selecţie naturală prin schema „Peşte", utilizând pentru fiecare argument câte 3–5 unităţi informaţionale.**

**8** • **Evidenţiază tipurile de relaţii din ecosistemul prezentat în codul de bare *QR 3.6.1*.**

**9** • **Realizează o analiză comparativă a factorilor evolutivi şi prezintă 3–4 argumente în susţinerea afirmaţiei:** Selecţia naturală – factor evolutiv principial al evoluţiei organismelor.

*QR 3.6.1*

**10** • **Evaluează consecinţele selecţiei naturale motrice asupra unui ecosistem natural din localitate, utilizând metoda SWOT. Vezi descrierea metodei în codul de bare *QR 3.6.2*.**

*QR 3.6.2*

# 3.7 Direcţiile evoluţiei

După cum se ştie, evoluţia biologică reprezintă un fapt. Dar care este rezultatul final al evoluţiei biologice?

J. B. Lamarck era de părerea că drept urmare a evoluţiei are loc sporirea nivelului de organizare a organismelor (*gradaţia*) şi apariţia divergenţei tipurilor de organizare. După Ch. Darwin, rezultatul evoluţiei este apariţia adaptabilităţii la organisme. Savantul rus A. N. Severţov, în baza rezultatelor comparative, susţinea că efectul evoluţiei este **progresul biologic**, care poate fi limitat (de grup) sau nelimitat (evoluţia omului).

Pentru a determina dacă o specie se află în progres biologic, aceasta trebuie să corespundă unor anumite cerinţe, şi anume:

- mărirea numărului de indivizi în cadrul populaţiilor deja existente;
- extinderea arealului iniţial caracteristic speciei;
- diferenţierea progresivă şi sporirea numărului grupelor taxonomice.

Progresul biologic al unei specii poate fi atins pe diferite căi:

1. **Aromorfoza** – progres morfofiziologic ce duce la sporirea nivelului general de organizare a unei grupe mari de organisme.

Aromorfozele sunt caracteristice unităţilor taxonomice mari (familie, ordin, clasă, regn), fiind tipice pentru mai multe organisme. Drept exemple de aromorfoze pot servi: apariţia fotosintezei la plante, ieşirea plantelor pe uscat, apariţia florii şi seminţei la angiosperme, înmulţirea sexuată la plante şi/sau animale, apariţia simetriei bilaterale la animale, diferenţierea inimii cu patru camere la păsări şi mamifere etc.

2. **Ideoadaptarea** – progres morfofiziologic ce duce la formarea adaptărilor specifice în cadrul grupelor sistematice mici, ca rezultat al acţiunii nemijlocite a factorilor mediului ambiant.

Ideoadaptarea poate fi rezultatul schimbării nivelului de organizare odată cu păstrarea legăturilor tipice cu mediul sau rezultatul adaptărilor la condiţiile înguste de viaţă. Organismelor vii le sunt caracteristice diferite tipuri de specializare:

– specializarea după tipul de nutriţie (crabii, viermii-de-mătase etc.);
– specializarea prin superdezvoltare şi obţinerea mărimilor gigante (dinozaurii, insectele din Carbonifer, cu diametrul aripilor de 1,5 m, amfibiile din Permian, de 5–7 m, unele nematode contemporane de la fundul oceanelor, de circa 8 m);
– specializarea prin pierderea aromorfozelor strămoşilor (viermii paraziţi la care lipsesc unele sisteme vitale);
– specializarea după condiţiile specifice de trai (structura rădăcinii, florii, seminţelor la plante; structura membrelor la animale).

3. **Degenerarea** – regres morfofiziologic ce duce la simplificarea organizării organismelor, ca rezultat al condiţiilor specifice de trai.

Reducerea unor organe sau chiar a unor sisteme vitale este rezultatul, de regulă, a modului de viaţă parazitar. De exemplu, la cuscută sunt reduse frunzele, la unii viermi paraziţi sunt reduse sistemele digestiv, respirator, circulator.

De menţionat că regresul morfofiziologic şi simplificările în organizarea organismelor nu exclud progresul biologic al acestor organisme.

Căile progresului biologic se află într-o interdependenţă reciprocă, deoarece:

– fiecare specie, în limitele ei de existenţă, determinată de factorii mediului înconjurător, se adaptează la anumite condiţii de trai;
– reorganizarea formelor deja existente poate fi rezultatul atât al progreselor, cât şi al regreselor morfofiziologice;
– organismele, odată păşind pe o cale nouă de dezvoltare, de asemenea se adaptează la noile condiţii de viaţă.

Evoluţia biologică se caracterizează prin caracterul nespecializat al grupelor de origine. Liniile evolutive noi iau naştere din taxoni, care nu au un caracter profund specializat, ci se deosebesc prin trăsături cu valoare generală, universală şi primitivă. După particularităţile sale de dezvoltare, putem distinge *evoluţie monofiletică*, *parafiletică* şi *polifiletică*.

Apariţia şi diferenţierea de noi taxoane poate fi realizată prin:

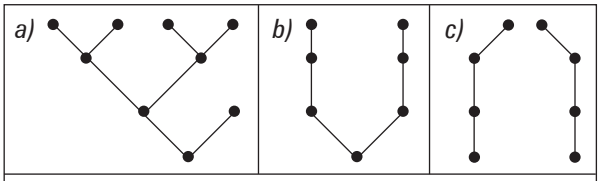
a) *divergenţă* – apariţia unei mari diversităţi de forme de la un strămoş comun.

Printre cauzele principale ale divergenţei pot fi deosebirile după nişele ecologice, concurenţa dintre diferite grupe de organisme etc.

b) *paralelism* – apariţia caracterelor asemănătoare pe baza unei organizări comune.

El se instalează în cazul finalizării divergenţei şi adaptării la anumite condiţii stabile de trai.

c) *convergenţă* – apariţia de forme asemănătoare între grupele neînrudite ca rezultat al adaptării la condiţii similare de viaţă. (Vezi schemele alăturate.)



*Modalităţi de apariţie a taxoanelor*

Convergenţa se bazează pe dezvoltarea adaptărilor analoage (în special la factorii abiotici), dar nu poate să ducă în cele din urmă la suprapunerea sau unirea grupelor sistematice diferite (de exemplu, convergenţa formei corpului la rechin şi la delfin).

Evoluţia biologică este foarte diversă şi depinde de o gamă de factori. Totuşi, ea este ireversibilă, adică fiecare organism nu se poate întoarce la starea odată parcursă în şirul strămoşilor lui. Trebuie să ţinem cont de acest fapt, dacă dorim să valorificăm la maxim bogăţiile naturale.

**1** • **Defineşte noţiunile:** *aromorfoză, ideoadaptare, degenerare.*

**2** • **Corelează căile evoluţiei biologice din coloana *A* cu caracteristicile respective din coloana *B*.**

| A | B |
|---|---|
| 1 – aromorfoză | a – forma ciocului la păsări |
| 2 – ideoadaptare | b – specializări la modul de viaţă parazitar |
| 3 – degenerare | c – schimbări esenţiale la nivelul organelor sau la nivelul sistemelor de organe |

**3** • **Alcătuieşte o listă a cerinţelor în baza cărora se poate indica prezenţa unui regres biologic.**

**4** • **Prezintă într-o schemă căile progresului biologic, reflectând interacţiunea lor.**

**5** • **Explică în 3–5 propoziţii de ce nu se pot suprapune căile evolutive ale rechinului şi ale delfinului.**

**6** • **Descrie rolul fotosintezei în evoluţia organismelor, în baza informaţiei din codul de bare *QR 3.7.1*.**

*QR 3.7.1*

**7** • **Argumentează afirmaţia:** Gigantismul nu prezintă o cale a succesului în evoluţia organismelor.

**8** • **Enumeră adaptările organismelor reflectate în informaţia din codul de bare *QR 3.7.2*.**

*QR 3.7.2*

*QR 3.7.3*

**9** • **Realizează o analiză pe tema** Evoluţia divergentă a plantelor, **prezentând răspunsul în schema „Cartografie”.**

**10** • **Evidenţiază rolul evolutiv al convergenţei, în baza informaţiei din codul de bare *QR 3.7.3*.**

# 3.8 Evoluţia omului

Evoluţia omului (antropogeneza) se deosebeşte esenţial de celelalte linii evolutive. Problema originii omului există de milenii şi nu cunoaşte încă rezolvare. Conform concepţiei creaţioniste, omul a fost creat de o forţă divină din „argilă roşie", prin insuflarea „spiritului nemuritor". Încă în Antichitate se încerca a pune la originea omului anumite structuri materiale sau organisme (pământul, peştii etc.). De exemplu, Anaximandru şi Empedocles susţineau că oamenii au apărut din pământul cu fertilitate înaltă. Aristotel, studiind corpul omenesc, l-a inclus pe om în sistemul regnului animal, determinându-l ca *zoon politicon*. Odată cu descoperirea analogiei dintre structura corpului omului şi a maimuţei, de către medicul şi anatomistul roman C. Galenus, şi descrierile minuţioase ale structurii cimpanzeului, de către anatomistul englez E. Tyson (1699), a fost posibilă clasificarea omului în cadrul regnului animal.

C. Linné, renumit naturalist suedez, autorul primului sistem artificial al naturii, clasifică omul alături de maimuţele antropomorfe, rezervându-i un gen aparte – genul *Homo.*

Conform clasificării moderne, omul ocupă următoarea poziţie sistematică:
Regnul: *Animalia* – organisme heterotrofe cu nutriţie holozoică.
Subregnul: *Metazoa* – animale pluricelulare.
Încrengătura: *Chordata* – animale cu coardă.
Subîncrengătura: *Vertebrata (Craniata)* – animale ce au coloană vertebrală.
Supraclasa: *Tetrapoda* – animale cu patru membre.
Clasa: *Mammalia* – animale care îşi hrănesc puii cu lapte.
Subclasa: *Eutheria* – mamifere placentare.
Ordinul: *Primates* – mamifere cu creier bine dezvoltat şi mâini ce pot apuca.
Familia: *Hominidae* – organisme cu creier mare şi locomoţie bipedă.
Genul: *Homo* **–** oameni ce prezintă faţă plată, bărbie cu proeminenţă.
Specia: *Homo sapiens* – om înţelept**.**

Factorii care au asigurat evoluţia omului pot fi divizaţi în:

1. **Factori biologici:**

- *ereditatea* – asigură conservarea caracterelor ereditare şi transmiterea lor urmaşilor; determină existenţa omului ca specie;
- *variabilitatea* – asigură obţinerea noilor caractere în condiţiile variabile de trai; determină adaptarea omului la condiţiile de trai;
- *selecţia naturală* – asigură selectarea celor mai adaptaţi indivizi la condiţiile variabile ale mediului; determină supravieţuirea celor mai adaptaţi indivizi;
- *lupta pentru existenţă* – asigură existenţa omului în relaţia lui cu alte organisme, care poate fi concurentă, neutră sau neconcurentă; determină adaptabilitatea omului;
- *selecţia sexuală* – asigură dimorfismul sexual în populaţia umană; determină păstrarea unui anumit raport (1:1) de sexe;
- *exerciţiul* – asigură dezvoltarea sau reducerea anumitor organe în funcţie de utilizarea sau neutilizarea lor; determină avantajarea anumitor organe în lupta pentru existenţă;
- *înmulţirea* – asigură transmiterea caracterelor urmaşilor şi obţinerea noilor caractere în urma noilor combinări de gene.

2. **Factori sociali:**

- *capacitatea de a produce unelte de muncă* – asigură perfecţionarea continuă a omului;
- *organizarea socială* – asigură perfecţionarea omului pe seama realizărilor celor din jur (ale societăţii);
- *limbajul articulat* – asigură acumularea experienţei în urma comunicării;
- *conştiinţa* – asigură reflectarea realităţii şi prognozarea comportamentului adecvat.

Din cele menţionate, se desprinde concluzia că omul este o fiinţă biosocială. Astăzi, evoluţia speciei umane are un curs stabilizator, evoluţia fizică fiind în linii mari încheiată, dar mai este posibilă evoluţia pe plan social, economic şi cultural, datorită nivelului său de inteligenţă.

Conform concepţiei evolutive, ponginele (maimuţele antropomorfe) şi hominidele (oamenii) au provenit de la un strămoş comun (driopitec), cu circa 30 de milioane de ani în urmă.

Se presupune că în cadrul evoluţiei hominidelor au existat ramuri nereuşite:

• *Ramapitecii, gigantopitecii* şi *australopitecii*, cu circa 1,5–5 milioane de ani în urmă.

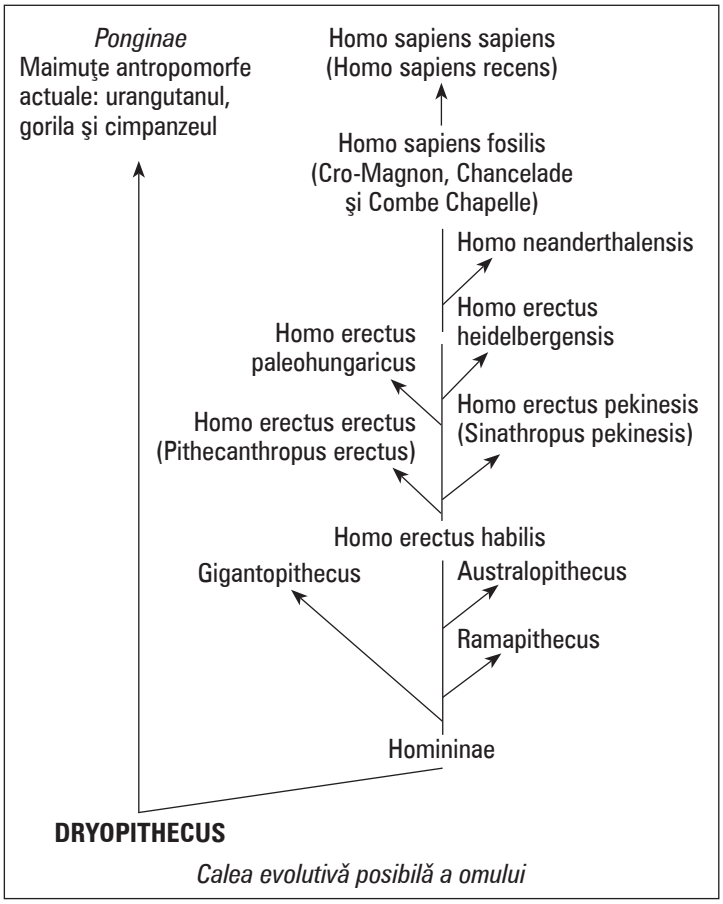
Se susţine că australopitecii trăiau în regiuni despădurite, cu vegetaţie predominant ierboasă, în apropierea nemijlocită a apelor. După dentiţie, regimul lor de hrană trebuia să fi fost predominant omnivor. Posibil că ei practicau vânătoarea în grup.

Majoritatea antropologilor susţin că australopitecii nu reprezintă încă oameni, ci o treaptă intermediară între maimuţele antropoide şi fiinţele umane.

• *Pitecantropii* şi *sinantropii,* cu circa 550 de mii de ani în urmă.

Pitecantropii şi sinantropii aparţin unui grup de fosile care reprezintă prima etapă în evoluţia umană – *arheantropii.* Din acest grup mai fac parte Omul abil şi Omul Heidelberg.

Arheantropii se caracterizau prin poziţie verticală şi mers biped mai evoluat decât al australopitecilor. Neurocraniul lor era lung şi îngust. Se evidenţia fruntea, care era îngustă şi teşită. Lărgimea maximă a cutiei craniene era caracteristică regiunii temporale (ca la pongine). Fosele nazale ale arheantropilor erau largi. Ei aveau dentiţia foarte asemănătoare cu cea a omului modern. Volumul cerebral varia între 680 cm$^3$ (la Omul abil), 860 cm$^3$ (la pitecantrop) şi 1050 cm$^3$ (la sinantrop).



*Calea evolutivă posibilă a omului*

Factorul principal însă care a determinat desprinderea arheantropilor de la maimuţele antropomorfe şi iniţierea liniei evolutive a homenidelor a fost capacitatea lor de a confecţiona uneltele de muncă, la început simple, iar mai apoi – mult mai complexe şi mai variate.

Arheantropii au avut o răspândire foarte largă în aproape toată Lumea Veche. Ei au apărut cu aproximativ 2 milioane de ani în urmă şi au existat, probabil, ca grup aparte până acum 300 de mii de ani.

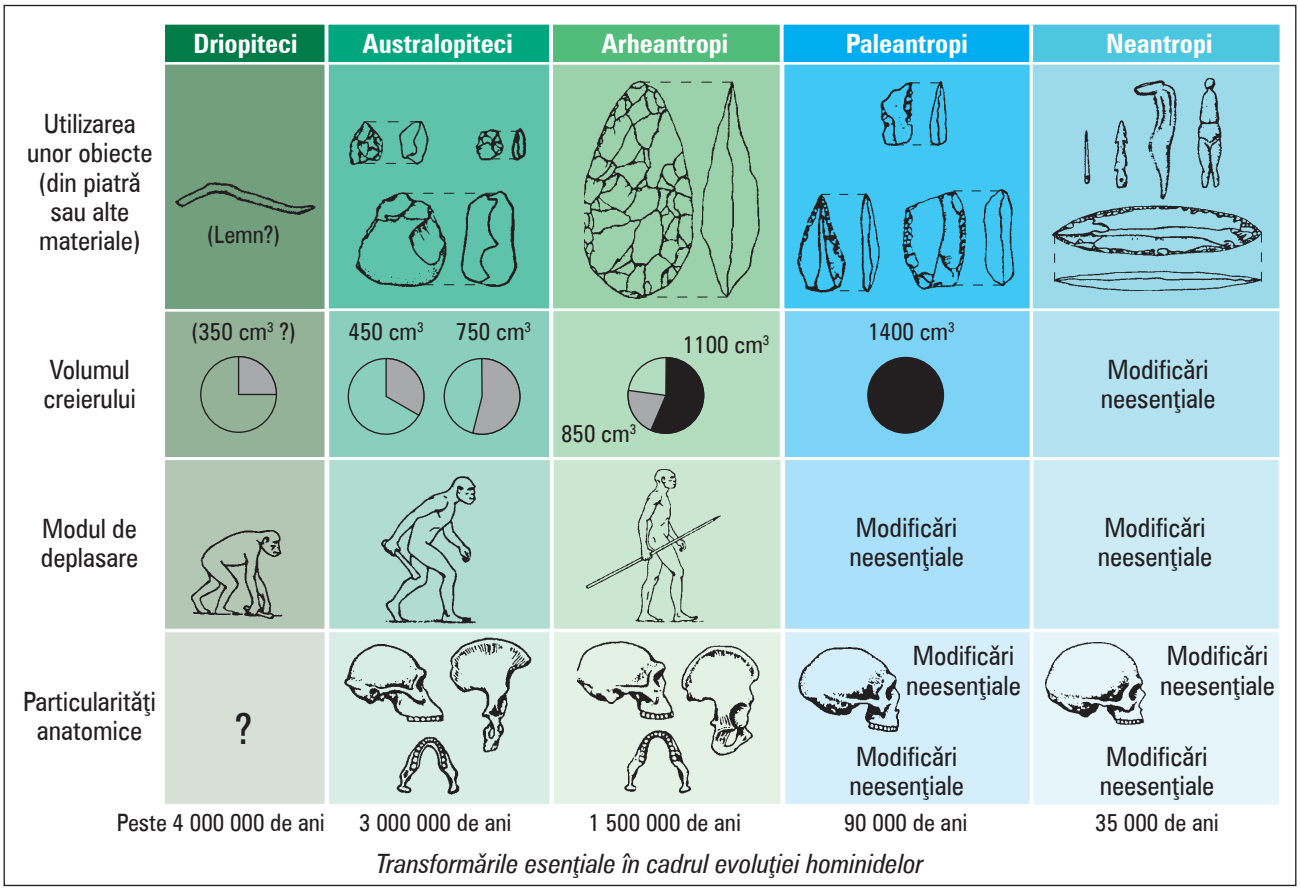
• *Neandertalienii*, cu circa 20–40 de mii de ani în urmă.

Neandertalienii alcătuiesc grupul de oameni *paleantropi.* Ei se caracterizau printr-un corp masiv, puţin înclinat înainte, statură moderată (circa 155 cm), craniu alungit şi robust, cu o capacitate cranianã de 1300–1600 cm$^3$. Aveau fruntea încă destul de teşită. Masivul facial era voluminos. Lipseau fosele canine. Orbitele erau mari şi circulare. Bolta palatină era lungă şi largă. Dinţii neandertalienilor erau mai voluminoşi decât la neantropi.

După T. Edinger, creierul neandertalienilor, din punct de vedere structural, este deja un creier uman, dar mai păstrează încă numeroase caracteristici arhaice. El este mai îngust în partea anterioară (lobul frontal este îngustat şi în formă de cioc) şi mai larg în partea posterioară. Marginea superioară a emisferelor cerebrale este mai puţin înaltă decât la omul modern, dar mai ridicată decât la arheantropi. O particularitate importantă reprezintă dezvoltarea inegală a emisferelor cerebrale. Această particularitate îi apropie mult de neantropi *(Homo sapiens fosilis* şi *Homo sapiens recens).* Circumvoluţiunile sunt mai slab dezvoltate şi în tr-un număr mai redus.

*Neantropii* au apărut în Europa acum aproximativ 35 de mii de ani. Se presupune că, odată cu apariţia lor, forma umană a atins deplina sa dezvoltare. Descoperirea *Omului de Cro-Magnon* (Franţa, Les Eyzies, 1868) a relevat caracteristicile generale ale acestuia, ce corespund întocmai cu cele ale lui *Homo sapiens.*

Transformările esenţiale în cadrul evoluţiei hominidelor sunt reprezentate în schema de mai jos.




*Transformările esenţiale în cadrul evoluţiei hominidelor*

Deoarece marea majoritate a formelor de trecere în evoluţia omului au fost depistate în Africa Centrală, se presupune că anume aici s-a aflat centrul de origine a omenirii. Din această zonă, omul s-a răspândit prin Asia pe restul Terrei (conform *teoriei monocentrice* a originii omului).

În diferite regiuni ale globului au existat totuşi, pe parcursul dezvoltării omenirii, diferite civilizaţii cu o cultură foarte înaltă. Pentru a explica existenţa lor, mulţi savanţi antropologi susţin că omenirea putea fi iniţiată simultan în diferite centre de origine *(teoria policentrică* a originii omului).

Majoritatea savanţilor sunt de părere că astăzi, pe Terra, există diferite populaţii ale unei singure specii – *Homo sapiens*. Specia umană este o specie politipică, alcătuită dintr-o serie de tipuri secundare, care formează rasele de oameni, răspândite pe teritorii geografice mai mult sau mai puţin distincte:

1. **Leucodermă** (rasa albă), care se caracterizează prin piele de culoare deschisă, barbă şi mustaţă puternic dezvoltate, părul drept sau ondulat, de culoare blondă sau închisă, nasul drept şi proeminent cu sept nazal înalt. Unghiul facial este aproape sau între 70°. Cuta pleoapei superioare este puternic dezvoltată. Buzele au grosime medie, barba este proeminentă. Rasa albă este subdivizată după o serie de caractere (culoarea părului şi ochilor etc.) în subrase: nordicii, est-europenii, mediteraneenii, alpinii, dinarii ş.a.

2. **Xantodermă** (rasa galbenă), care se caracterizează prin piele de culoare galbenă până la brun, părul drept, rigid şi cilindric, barbă şi mustaţă slab dezvoltate, nasul, de regulă, turtit şi puţin proeminent. Rasa galbenă ocupă o mare parte din continentul asiatic, iar în America ea a pătruns prin strâmtoarea Bering la sfârşitul epocii glaciare.

3. **Melanodermă** (rasa neagră), care se caracterizează prin piele de culoare neagră sau brună, părul creţ sau lânos, faţa puţin păroasă, nas turtit şi larg, buze groase, bărbia moderat dezvoltată. Femeile au sânii conici. Rasa este subdivizată în subrase (etiopienii, pigmeii ş.a.).

Rasele umane au apărut ca rezultat al izolării geografice şi socioculturale (limbajul, religia) a populaţiilor. Din timpuri străvechi, populaţiile şi grupurile sociale de oameni s-au răspândit în întreaga lume, venind în

contact unele cu altele. Dar din punctul de vedere al caracteristicilor şi capacităţilor, rasele umane sunt identice şi sunt supuse evoluţiei în aceeaşi măsură. Reprezentanţii diferitor rase se pot încrucişa nelimitat, au aceleaşi boli. La moment, s-a produs un amestec masiv al raselor, cauzat de migraţii imense ale populaţiilor şi a procesului de globalizare.

**1** • **Defineşte noţiunile:** *antropogeneză, centru de origine, neantropi.*

**2** • **Completează spaţiul din tabel cu informaţia omisă. (Se realizează în caiet.)**

| Taxoni | Denumirea grupelor taxonomice | Caracteristici |
|---|---|---|
| Regnul | Animalia | Organisme eucariote heterotrofe cu nutriţie holozoică |
| Încrengătura | Chordata | _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ |
| Subîncrengătura | _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ | Coloană vertebrală |
| _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ | _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ | Glande mamare, păr |
| _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ | Primate | Creier bine dezvoltat, mâini ce pot apuca |
| Familia | _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ | Creier mare, locomoţie bipedă |
| _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ | _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ | Faţă turtită (plată), bărbie cu proeminenţă (proeminenţă mentoniană), nări situate în partea inferioară a nasului |

**3** • **Alcătuieşte un material didactic ilustrativ în baza unei hărţi geografice, în care să prezinţi căile evolutive posibile ale omului.**

**4** • **Reprezintă într-un tabel factorii ce au contribuit la evoluţia omului.**

**5** • **Determină asemănările şi deosebirile dintre factorii biologici şi cei sociali ai evoluţiei omului, folosind modelul propus.**

**Asemănări:**

1. _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _
2. _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _
3. _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

**Deosebiri**

↓

| **Factori biologici** | **Criterii** | **Factori sociali** |
|---|---|---|
| _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ | ← _ _ _ _ _ _ _ _ → | _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ |
| _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ | ← _ _ _ _ _ _ _ _ → | _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ |
| _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ | ← _ _ _ _ _ _ _ _ → | _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ |

**6** • **Prezintă într-un tabel dovezi ale originii animale a omului.**

**7** • **Explică afirmaţia lui F. Engels:** Munca l-a creat pe om, **folosind metoda denotantă.**

**8** • **Elaborează o schemă cu etapele dezvoltării civilizaţiei, în baza informaţiei din codul de bare *QR 3.8.1*.**

*QR 3.8.1*

**9** • **Prezintă argumente pro şi contra cu referire la originea monocentrică şi policentrică a omului.**

**10** • **Expune tema** Originea omului **în Power Point, consultând diferite surse informaţionale (texte, internet etc.).**

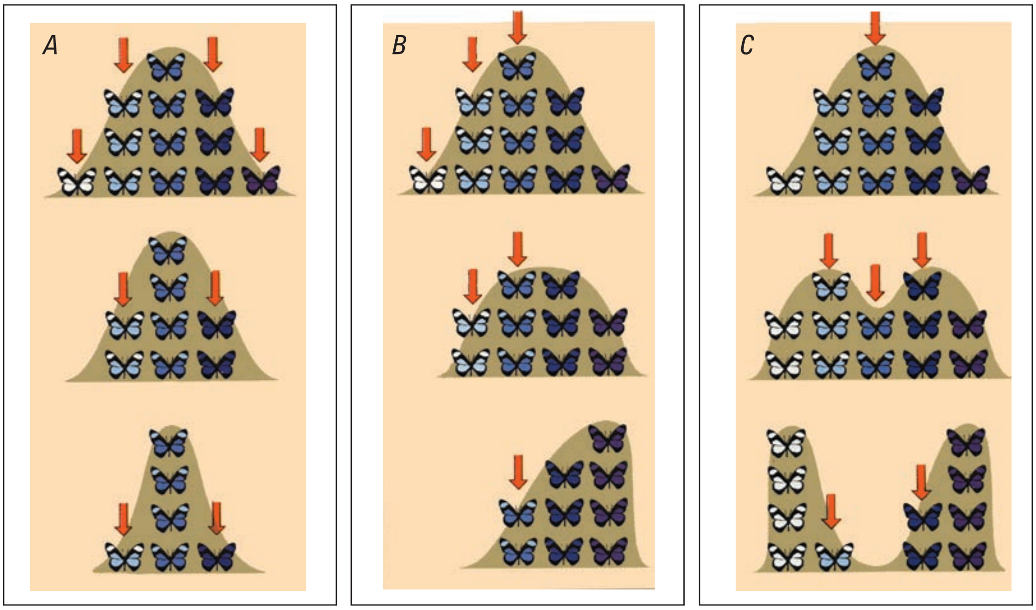
# TEST SUMATIV (se realizează în caiet) la modulul „Evoluţia organismelor pe Terra. Evoluţia omului” (profil real/profil umanistic)

**1** **Scrie definiţiile pentru următoarele noţiuni:** *evoluţie*, *rudimente*, *atavisme*, *selecţie naturală*, *antropogeneză.*

**2** **Reprodu tabelul ce reprezintă poziţia sistematică a omului şi completează-l cu cel puţin 4 unităţi taxonomice în ordine ierarhică.**

| Taxoni | Denumirea grupelor taxonomice | Caracteristici |
|---|---|---|
| | | |

**3** **Denumeşte formele selecţiei naturale prezentate în schemele de mai jos şi scrie caracteristicile fiecărei forme.**




**4** **Prezintă într-un tabel câte 3 exemple de adaptări la factorii de mediu (temperatură) a plantelor şi animalelor din localitatea ta.**

**5** **Completează schema de mai jos.**

**Asemănări:**

1. _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _
2. _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _
3. _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

**Deosebiri**

↓

| Organe analoage | Criterii | Organe omoloage |
|---|---|---|
| _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ | ← _ _ _ _ _ _ _ _ → | _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ |
| _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ | ← _ _ _ _ _ _ _ _ → | _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ |
| _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ | ← _ _ _ _ _ _ _ _ → | _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ |

**6** **Indică cel puţin 3 condiţii, după părerea ta, care sunt necesare pentru apariţia şi menţinerea vieţii, argumentând răspunsul prin metoda SWOT.**

## PROFIL REAL/PROFIL UMANISTIC

| Barem de notare | | |
|---|---|---|
| **Punctaj acordat** | $S_1$ – 5 puncte | (câte 1 punct pentru fiecare noţiune corectă) |
| | $S_2$ – 12 puncte | (câte 1 punct pentru fiecare taxon, denumirea taxonului şi caracteristica lui principală) |
| | $S_3$ – 9 puncte | (câte 1 punct pentru fiecare denumire corectă; câte 2 puncte pentru fiecare caracteristică corectă completă sau câte 1 punct pentru fiecare caracteristică corectă incompletă) |
| | $S_4$ – 6 puncte | (câte 1 punct pentru fiecare adaptare corectă; sunt necesare 3 adaptări pentru plante şi 3 adaptări pentru animale) |
| | $S_5$ – 9 puncte | (câte 1 punct pentru fiecare criteriu de asemănare; câte 2 puncte pentru fiecare pereche de deosebiri ale organelor analoage şi omoloage; câte 1 punct pentru fiecare pereche de deosebiri, fără evidenţierea criteriului de comparaţie) |
| | $S_6$ – 9 puncte | (câte 1 punct pentru fiecare argument; câte 2 puncte pentru fiecare argumentare corectă completă; câte 1 punct pentru fiecare argumentare corectă incompletă) |

### Scală de notare

| **Punctaj** | 15,1 – 19,99 | 20 – 24,99 | 25 – 29,99 | 30 – 34,99 | 35 – 39,99 | 40 – 44,99 | 45 – 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Notă** | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

## Abordare

Conservarea biodiversităţii şi asigurarea unei dezvoltări durabile reprezintă o problemă majoră a contemporaneităţii. De soluţionarea lor depinde în ce măsură generaţiile următoare vor putea beneficia de bogăţiile naturii. Din aceste considerente, este bine să cunoşti particularităţile interacţiunii organismelor cu mediul înconjurător, rolul omului în protecţia ecosistemelor terestre şi acvatice. De atitudinea fiecăruia dintre noi depinde menţinerea echilibrului dinamic în natură.

## Subcompetenţe

**PROFIL REAL**

- Distingerea nivelurilor de integrare şi organizare a viului;
- Definirea noţiunilor de populaţie, biocenoză, biosferă, ecosistem, lanţ trofic, reţea trofică, piramidă ecologică;
- Descrierea organizării materiei vii la diferite niveluri;
- Analiza lanţurilor trofice din diverse ecosisteme;
- Stabilirea legăturilor dintre diferite grupe de organisme în cadrul unor ecosisteme;
- Identificarea ecosistemelor naturale şi artificiale;
- Compararea diferitor tipuri de ecosisteme;
- Recunoaşterea factorilor poluanţi ai mediului;
- Argumentarea necesităţii protecţiei mediului ambiant;
- Estimarea rolului organismelor în circuitul substanţelor în natură;
- Estimarea consecinţelor încălzirii globale a planetei;
- Planificarea acţiunilor de conservare a biodiversităţii vegetale şi animale.

## Conţinut

**PROFIL REAL**

4.1. Niveluri de integrare şi organizare a materiei vii
4.2. Organizarea materiei vii la nivel de individ
4.3. Organizarea materiei vii la nivel de populaţie
4.4. Organizarea materiei vii la nivel de biocenoză
4.5. Organizarea materiei vii la nivel de biosferă
4.6. Ecosisteme naturale. Ecosistemul terestru-aerian
4.7. Ecosisteme naturale. Ecosistemul acvatic
4.8. Ecosisteme artificiale. Agroecosisteme
4.9. Relaţii trofice şi piramide ecologice
4.10. Echilibrul dinamic în cadrul ecosistemului
4.11. Poluarea ecosistemului terestru-aerian şi protecţia lui
4.12. Poluarea ecosistemului acvatic şi protecţia lui
Test sumativ

## Subcompetenţe

**PROFIL UMANISTIC**

- Distingerea nivelurilor de integrare şi organizare a viului;
- Definirea noţiunilor de populaţie, biocenoză, biosferă, ecosistem, lanţ trofic, reţea trofică, piramidă ecologică;
- Analiza lanţurilor trofice din diverse ecosisteme;
- Stabilirea legăturilor dintre diferite grupe de organisme în cadrul unor ecosisteme;
- Identificarea ecosistemelor naturale şi artificiale;
- Compararea diferitor tipuri de ecosisteme;
- Recunoaşterea factorilor poluanţi ai mediului;
- Argumentarea necesităţii protecţiei mediului ambiant;
- Estimarea rolului organismelor în circuitul substanţelor în natură;
- Estimarea consecinţelor încălzirii globale a planetei;
- Planificarea acţiunilor de conservare a biodiversităţii vegetale şi animale.

# Modulul 4

# ECOLOGIA ŞI PROTECŢIA MEDIULUI

## Conţinut

**PROFIL UMANISTIC**

4.1. Niveluri de integrare şi organizare a materiei vii
4.2. Ecosisteme naturale. Ecosistemul terestru-aerian
4.3. Ecosisteme naturale. Ecosistemul acvatic
4.4. Ecosisteme artificiale. Agroecosisteme
4.5. Relaţii trofice şi piramide ecologice
4.6. Poluarea ecosistemului terestru-aerian şi protecţia lui
4.7. Poluarea ecosistemului acvatic şi protecţia lui
Test sumativ

# 4.1 Niveluri de integrare şi organizare a materiei vii

Materia în natură nu este distribuită la întâmplare, ci este organizată în corpuri materiale. Materia vie se caracterizează prin anumite particularităţi, printre care:

• **organizare** – construirea unui ansamblu de elemente şi fenomene care se află în strânsă interacţiune şi se subordonează întregului (totalitatea organelor ce participă la digestia produselor alimentare formează sistemul digestiv; totalitatea sistemelor vitale alcătuiesc organismul);

• **structură** – mod de organizare internă, de alcătuire a sistemului, în care se stabilesc relaţii spaţiale interdependente între componenţii săi (de exemplu, fiecare parte componentă a sistemului digestiv (cavitatea bucală, stomacul, intestinul, ficatul etc.) are o anumită structură, determinată de funcţiile exercitate în cadrul acestui sistem; fiecare organism se caracterizează printr-o anumită structură, determinată de nivelul său de organizare);

• **funcţie** – activitatea desfăşurată de un element care duce la menţinerea întregului (fiecare organ în cadrul sistemului digestiv are una sau mai multe funcţii, care asigură prelucrarea complexă şi valorificarea produselor alimentare; fiecare sistem de organe exercită o anumită funcţie (sau mai multe funcţii), care asigură existenţa organismului).

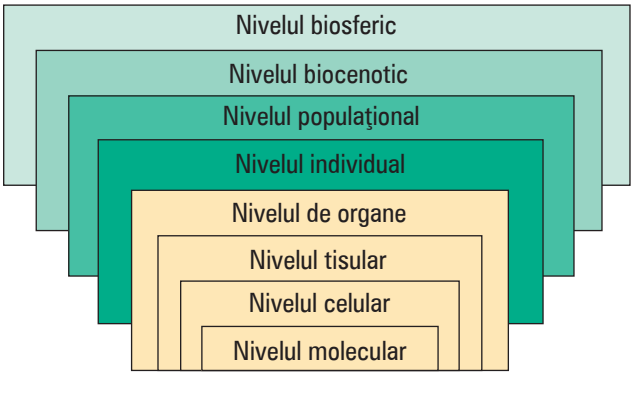
Materia vie cunoaşte niveluri de integrare şi niveluri de organizare.

**Nivelurile de integrare** reflectă o anumită calitate a materiei. Ele pot include atât sisteme nevii (particulele elementare, atomi, molecule), cât şi sisteme vii (celule, ţesuturi, organe). La aceste niveluri, viaţa poate fi investigată, dar nu poate exista propriu-zis, deoarece nu sunt valide toate însuşirile viului. Printre aceste niveluri pot fi menţionate:

• *nivelul molecular* – reprezentat prin molecule de ADN şi proteine în cadrul unei anumite celule;
• *nivelul celular* – reprezentat prin diferite tipuri de celule în cadrul unui ţesut;
• *nivelul tisular* – reprezentat prin diferite tipuri de ţesuturi în cadrul unui organ;
• *nivelul de organe* – reprezentat prin diferite organe în cadrul unui organism.

Culturile izolate de celule, ţesuturi sau organe pot fi menţinute în afara organismului (*in vitro*) timp îndelungat. Însă aceste sisteme nu se pot dezvolta independent, deoarece nu posedă toate însuşirile viului (de exemplu, autoreglarea, autoreproducerea etc.).

Nivelurile de integrare contribuie la organizarea vieţii. Însă doar acele niveluri care posedă un caracter de universalitate alcătuiesc **nivelurile de organizare**. Ele au o organizare specifică, proprie numai sistemelor biologice, în cadrul cărora se realizează toate însuşirile viului. Printre aceste tipuri de niveluri pot fi menţionate:



*Nivelurile de integrare şi organizare a materiei vii*

• *nivelul individual* – reprezentat prin anumiţi indivizi, fie monocelulari (amiba, parameciul, clorela etc.), fie pluricelulari (mazărea, cartoful, lupul, maimuţa etc.);

• *nivelul populaţional* (sau al speciei) – reprezentat prin populaţii de indivizi sau prin alte forme de existenţă a speciei (familia de lei, bancul de peşti, herghelia de cai etc.);

• *nivelul biocenotic* – reprezentat prin diferite biocenoze (acvatice, de uscat etc.);

• *nivelul biosferic* – reprezentat prin biosfera Terrei, care există graţie circuitelor biogeochimice ale materiei şi energiei.

Materia vie este organizată astfel încât realizează funcţii ce reprezintă esenţa vieţii. Viaţa, fiind foarte complexă, se caracterizează prin:

1. **Programul genetic**

Programul genetic reprezintă totalitatea informaţiei ereditare, acumulată pe parcursul evoluţiei istorice, ce determină existenţa speciei în anumite condiţii ale mediului înconjurător. Această informaţie este stocată şi mai apoi valorificată prin intermediul acizilor nucleici (ADN şi ARN). Mecanismele foarte precise de realizare a programului genetic asigură perpetuarea fiecărui individ, a speciei etc.

Programele pot fi divizate în:

a) *programe pentru sine*, care asigură existenţa vieţuitoarelor (asimilarea hranei, apărarea organismului de duşmani, adaptarea la factorii climatici etc.);

b) *programe inferioare*, care asigură existenţa elementelor constitutive în cadrul unei structuri mai complexe (programele organitelor celulare pentru celulă, ale celulelor pentru ţesuturi, ale ţesuturilor pentru organe etc.);

c) *programe superioare*, care asigură existenţa unui nivel de organizare superior, chiar şi în defavoarea anumitor organisme (reproducerea organismelor: unii peşti, după ce au migrat la distanţe foarte mari şi au depus icre, pier, servind ca hrană pentru puieţii lor).

2. **Autoreproducerea**

Autoreproducerea reprezintă capacitatea organismelor vii de a forma cópii mai mult sau mai puţin identice cu formele parentale. Ea se realizează pe diferite căi – fie *asexuată* (fragmente de tal sau miceliu, înmugurire, spori, rădăcini sau tulpini modificate etc.), fie *sexuată* (prin contopirea a două celule specializate – gameţi). În procesul reproducerii asexuate, descendenţa este mai omogenă, pe când în urma reproducerii sexuate, se poate depista o mai mare diversitate de organisme. Aceste organisme îmbină caracterele ambelor forme parentale.

Tipul de reproducere depinde de mai mulţi factori: gradul de dezvoltare a organismului, durata ciclului vital, prolificitatea, adaptarea la condiţiile mediului etc.

3. **Integralitatea**

Această însuşire a materiei vii asigură comportamentul unui sistem integral în relaţia sa cu mediul înconjurător, păstrând totodată individualitatea fiecărui element care constituie acest sistem. De exemplu, organismul uman reprezintă un organism integral, însuşirea aceasta fiind asigurată de organele ce exercită diferite funcţii. Biocenoza, de asemenea, funcţionează ca un sistem integral doar graţie elementelor sale principale: producătorii, consumatorii şi descompunătorii.

4. **Heterogenitatea**

Heterogenitatea asigură diversitatea structurală şi funcţională a sistemelor biologice. Fiind un întreg, fiecare sistem biologic este alcătuit din numeroase elemente identice sau diferite, care, prin diverse conexiuni, îi asigură existenţa. Heterogenitatea asigură adaptabilitatea sistemului, indiferent de nivelul lui de organizare (diversitatea organelor în cadrul organismului vegetal sau animal; diversitatea organismelor după vârstă sau sex în cadrul populaţiei).

Heterogenitatea determină instalarea echilibrului dinamic. Din aceste considerente, heterogenitatea nu poate fi absolută.

5. **Echilibrul dinamic**

Echilibrul dinamic reprezintă însuşirea viului de a se afla într-un permanent schimb de materie şi energie cu mediul înconjurător, ca urmare asigurându-se autoreînnoirea continuă. El îmbină în sine două caracteristici aparent incompatibile: stabilitatea şi variabilitatea.

Această însuşire asigură organizarea sistemelor biologice prin micşorarea entropiei.

6. **Autoreglarea**

Sistemele biologice îşi menţin echilibrul dinamic cu propriile posibilităţi, asigurând controlul şi coordonarea automată. La diferite niveluri de organizare a materiei vii există diverse mecanisme de autoreglare, la baza cărora se află principiul conexiunii inverse (*feedback*): la nivel individual, autoreglarea se realizează sub controlul nemijlocit al sistemului nervos şi al celui umoral; la nivel de biocenoză, capacitatea de autoreglare este determinată de reţelele trofice etc.

7. **Caracterul informaţional**

Materia vie are un caracter informaţional, care reprezintă capacitatea de a recepţiona, de a stoca şi de a transmite informaţia în cadrul sistemului. Informaţia poate fi transmisă prin diferiţi stimuli:

a) *fizici* – prin intermediul sunetelor (de exemplu, la delfini, chiroptere), al culorii (de exemplu, la peşti, reptile);

b) *chimici* – prin intermediul substanţelor atractante şi/sau repelente (de exemplu, la insecte, reptile, mamifere);

c) *biologici* – prin comportament (în special, în perioada nupţială, dar nu numai) (de exemplu, la mamifere, păsări, peşti, insecte).

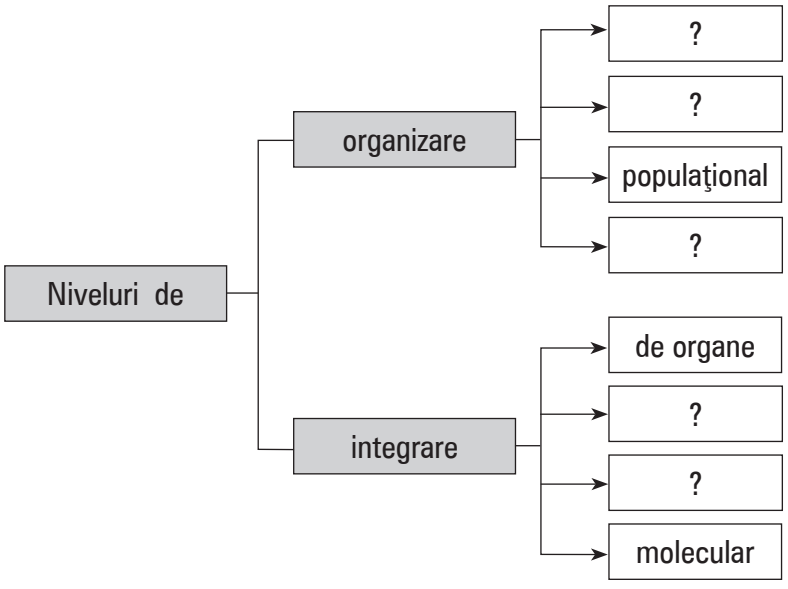
Recepţionarea informaţiei depinde de nivelul de organizare a organismelor.

Informaţia se transmite în exces, deoarece nu toată informaţia ajunge la destinaţie.

8. **Finalitatea răspunsurilor**

Finalitatea răspunsurilor presupune capacitatea organismelor de a răspunde de fiecare dată adecvat la condiţiile variabile ale mediului. Având această capacitate, organismele se adaptează la condiţiile de mediu.

**1** • **Reprodu în caiet schema şi completeaz-o cu informaţia omisă.**




**2** • **Enumeră caracteristicile vieţii şi descrie esenţa lor, prezentând informaţia în schema „Păianjen”.**

**3** • **Elaborează o hartă sistemică cu niveluri de integrare şi organizare a lumii vii pentru un exemplu concret.**

**4** • **Completează în caiet tabelul ce reflectă căile de comunicare dintre organisme, utilizând date din surse informaţionale: internet, literatură de specialitate, literatură artistică, observaţii proprii.**

| Calea de comunicare / Organismul | Fizică | Chimică | Biologică |
|---|---|---|---|
| Căprioare | | | |
| Albine | | | |
| Lupi | | | |

**5** • **Selectează intruşii şi explică printr-o frază de ce i-ai separat.**

**a)** celulă, individ, populaţie, biocenoză, biosferă;
**b)** molecular, celular, tisular, individual.

**6** • **Citeşte afirmaţiile de mai jos, care sunt constituite din două părţi, ambele adevărate.**
• **Încercuieşte** DA, **dacă partea a doua explică prima parte, şi** NU, **dacă partea a doua nu o explică.**
• **Scrie afirmaţia corectă. (Se realizează în caiet.)**

**A** DA NU Nivelul individual reprezintă un nivel de organizare a viului, deoarece în cadrul lui se manifestă toate însuşirile viului.

**B** DA NU În cadrul sistemelor biologice, informaţia se transmite, de fiecare dată, în exces, deoarece informaţia transmisă contribuie la adaptarea organismelor la factorii de mediu.

**7** • **Explică în 3–4 propoziţii de ce heterogenitatea unui sistem biologic nu poate fi absolută (drept exemplu de sistem biologic îţi poate servi o biocenoză terestră).**

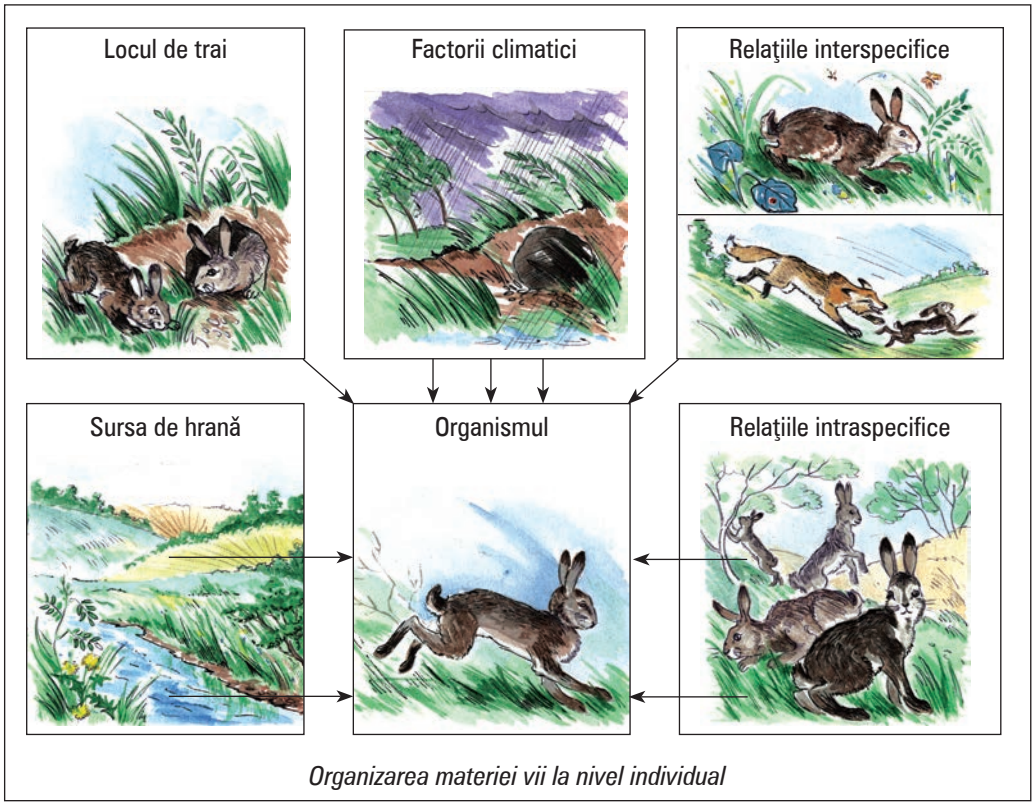
**8** • **Prezintă cel puţin 2–3 argumente care ar justifica înmulţirea vegetativă pentru reproducerea indivizilor valoroşi, evidenţiind avantajele şi dezavantajele acestui proces.**

**9** • **Alcătuieşte câte un rebus în care să prezinţi:**
**a)** cel mai înalt nivel de organizare a lumii vii;
**b)** nivelul inferior de organizare a lumii vii.

**10** • **Prezintă consecinţele dereglării echilibrului dinamic dintr-un ecosistem terestru sau acvatic din localitate, utilizând metoda SWOT.**

# 4.2 Organizarea materiei vii la nivel de individ

Viaţa poate exista la diferite niveluri de organizare. Nivelul inferior de organizare este reprezentat de individ (organism). Gama variată de relaţii ale organismului cu mediul înconjurător îi asigură existenţa. Niciun individ nu poate exista independent de factorii de mediu. Spaţiul fizic în care trăieşte organismul şi complexul de factori ecologici care acţionează asupra lui constituie **habitatul** acestui organism. Astfel, habitatul reprezintă locul în care îşi desfăşoară activitatea un anumit organism.




*Organizarea materiei vii la nivel individual*

Acţiunea factorilor mediului înconjurător asupra organismului determină o serie de adaptări ale acestuia, care îi asigură supravieţuirea în condiţiile de trai ale mediului. Tipul morfologic de adaptare a plantelor sau a animalelor la factorii de bază ai habitatului determină **forma vitală a organismului.**

O modalitate de clasificare a plantelor după forma vitală este localizarea mugurilor la o anumită distanţă de la suprafaţa solului (după R. Raunkiaer). Din acest punct de vedere, plantele sunt divizate în cinci tipuri (forme vitale) principale.

1. *Plante fanerofite* – mugurii sunt localizaţi pe ramuri la o distanţă de 30 cm de la suprafaţa solului. În funcţie de înălţimea plantelor, structura tulpinii, gradul de dezvoltare a frunzelor etc., acest grup se divizează în 15 subtipuri (de exemplu, arbori, arbuşti etc.).
2. *Plante hamefite* – mugurii sunt dispuşi pe ramuri la o înălţime ce nu depăşeşte 30 cm de la suprafaţa solului (de exemplu, spinul-cămilei). Acest grup se divide în 4 subtipuri.
3. *Plante hemicriptofite* – mugurii sunt dispuşi pe ramuri imediat la suprafaţa solului sau în stratul superficial al solului (de exemplu, la păpădie, la frag). Grupul cuprinde 3 subtipuri.
4. *Plante criptofite* – mugurii sunt localizaţi pe ramurile ce se află în sol sau în apă (de exemplu, la lalea, la lotus). Acest grup cuprinde 7 subtipuri.
5. *Plante terofite* – reînnoirea plantelor, după perioada nefavorabilă a anului, se face numai din seminţe.

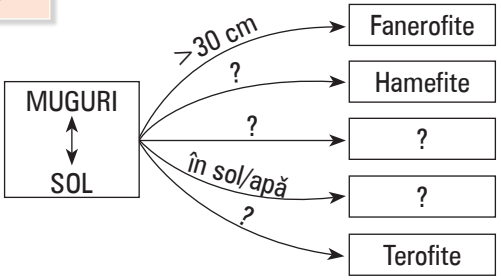
Această clasificare a formelor vitale vegetale, deşi este acceptată de mulţi savanţi, nu este complexă. Ţinând cont de faptul că fiecare organism este expus acţiunii factorilor variabili ai mediului înconjurător, varietatea formelor vitale este mult mai largă (de exemplu, după prezenţa organelor, ciclului vital etc.).

Destul de variate, ca în cazul plantelor, sunt formele vitale la animale. Morfologia animalelor este determinată în mare măsură de mediul de trai. Astfel, există animale terestre, subterane, aeriene, acvatice.

Evident, această clasificare este generală şi există numeroase forme de trecere între formele vitale. Factorii mediului înconjurător determină diferite adaptări ale animalelor. Formele vitale se diferenţiază clar în limitele fiecărui grup taxonomic. Morfologia animalelor este determinată de tipul habitatului. De exemplu, diversitatea păsărilor poate fi grupată după tipul habitatului în: păsări de pădure; păsări ale suprafeţelor deschise de uscat (de câmpie); păsări de pe malurile bazinelor acvatice; păsări ale bazinelor acvatice.

Condiţiile de trai determină particularităţile formelor vitale ale plantelor şi animalelor. Analiza acestor forme vitale reflectă condiţiile mediului înconjurător în care ele îşi desfăşoară activitatea.

**1** • **Completează în caiet schema alăturată cu informaţia omisă.**




**2** • **Clasifică într-un tabel formele vitale ale animalelor în funcţie de mediul de trai şi prezintă câte 2 exemple pentru fiecare grup.**

**3** • **Realizează un poster în care să descrii habitatul unui animal din localitate.**

**4** • **Prezintă formele vitale ale organismelor dintr-un grup taxonomic, pe baza a cel puţin 3 criterii, într-o schemă „Păianjen”.**

**5** • **Citeşte afirmaţiile de mai jos, care sunt constituite din două părţi, ambele adevărate.**
• **Încercuieşte** DA, **dacă partea a doua explică prima parte, şi** NU, **dacă partea a doua nu o explică.**
• **Scrie afirmaţia corectă. (Se realizează în caiet.)**

**A** DA NU Arborii sunt nişte plante fanerofite, deoarece au dimensiuni mari şi coroană dezvoltată.

**B** DA NU Modul de viaţă solitar al animalelor este caracteristic anumitor etape de viaţă, deoarece acestea practic nu pot exista izolat.

**6** • **Determină asemănările şi deosebirile dintre păsările de pădure şi cele acvatice în baza a 2–3 criterii de comparaţie.**

**7** • **Descrie în 10–15 propoziţii mediul de trai subteran şi evidenţiază particularităţile de adaptare a animalelor la acest mediu de trai, prezentând informaţia în schema „Cartografia”.**

**8** • **Prezintă 5–6 exemple din localitatea ta în susţinerea afirmaţiei că mediul de trai determină particularităţile formelor vitale ale plantelor şi animalelor.**

**9** • **Redactează un raport despre eficacitatea aclimatizării cerbului pătat sau a zimbrului în pădurile Moldovei, folosind metoda SWOT.**

**10** • **Prezintă un business plan pentru salvarea terenului agricol luat în arendă de familia ta, acum plin de buruieni.**

## 4.3 Organizarea materiei vii la nivel de populaţie

Capacitatea de adaptare a organismelor creşte esenţial la nivelul sistemelor supraindividuale. Astfel, pe lângă adaptările individuale, organismele îşi formează şi adaptări de grup.

Totalitatea indivizilor unei specii, care se aseamănă prin trăsături morfologice şi fiziologice, determinate genetic, ocupă un anumit teritoriu în cadrul arealului speciei şi există relativ izolaţi de grupările similare de indivizi, se numeşte **populaţie**.

Particularităţile fiecărei populaţii sunt determinate de natura speciei, mobilitatea indivizilor, sursele de hrană, factorii climatici, relaţiile intraspecifice şi interspecifice, gradul de adaptabilitate a organismelor etc.

În funcţie de anumite criterii, populaţiile pot fi clasificate în mai multe tipuri.

- **După mărimea teritoriului ocupat:**

a) *populaţii geografice* – grupări ce ocupă teritorii mari, determinate de adaptările la climă şi landşaft;

b) *populaţii ecologice* – grupări ce ocupă teritorii mai mici, influenţate de anumiţi factori (de regulă, factori poluanţi);

c) *populaţii biotopice* – grupări ce ocupă teritorii mici, influenţate de populaţiile vecine.

- **După modul de reproducere:**

a) *populaţii panmictice* – se reproduc sexuat, în urma încrucişării libere;

b) *populaţii clonale* – se reproduc asexuat;

c) *populaţii clonopanmictice* – se pot reproduce atât sexuat, cât şi asexuat.

- **După capacitatea de autoreproducere:**

a) *populaţii permanente* – durata lor nu depinde de fluxul indivizilor din exterior;

b) *populaţii temporare* – durata lor depinde de fluxul migraţiilor de indivizi.

- **După numărul de indivizi:**

a) *populaţii mici*;

b) *populaţii mari*;

c) *suprapopulaţii*.

- **După structura spaţială:**

a) *populaţii difuze* – animalele sunt dispersate, nu formează colonii delimitate, graţie prezenţei surselor suficiente de hrană şi a condiţiilor de reproducere (mamiferele din spaţiile deschise);

b) *populaţii mozaice* – animalele sunt dispersate pe teritoriul arealului în funcţie de sursa de hrană, adăpost etc. Populaţiile pot evolua de la cele mozaice spre cele difuze şi invers;

c) *populaţii pulsative* – repartizarea animalelor depinde de numărul de indivizi în populaţie, acesta fiind determinat de condiţiile de trai;

d) *populaţii ciclice* – repartizarea animalelor depinde de anotimp, care determină migraţia lor (unii peşti, păsări, mamifere).

Spre deosebire de organizarea individuală, organizarea în populaţii prezintă o comunitate mai complexă. Populaţiile se caracterizează prin mai multe trăsături distincte.

**Trăsături distincte ale populaţiei:**

1. **Arealul** – arie specifică ocupată de indivizii populaţiei.

În cadrul arealului, mărimea numerică a populaţiei este determinată de mai mulţi factori, printre care gradul de mobilitate a organismelor, sursa lor de hrană etc. De exemplu, unele animale (renii, bizonii, raţele sălbatice), în anumite perioade ale anului, se pot deplasa pe sute şi mii de kilometri, pe când alte organisme (majoritatea plantelor, coralii, actiniile) nu-şi modifică arealul iniţial.

Populaţiile îşi aleg teritoriul în funcţie de anumiţi factori geografici (râuri, lanţuri muntoase, mlaştini), sursa de hrană, specializarea organismelor etc.

2. **Efectivul** – numărul total de indivizi de pe un teritoriu.

Efectivul unei populaţii depinde de diferiţi factori, printre care: particularităţile speciei, sursa de hrană, îngrijirea urmaşilor, adaptabilitatea indivizilor, schimbările sezoniere, prolificitatea organismelor etc. Populaţiile unor specii pot fi alcătuite din zeci de indivizi (de exemplu, populaţiile leilor), iar la altele – din zeci de mii (de exemplu, populaţiile peştilor, ale insectelor).

3. **Densitatea populaţiei** – numărul de indivizi pe o unitate de suprafaţă sau volum.

Ea reprezintă raportul dintre efectivul populaţiei şi arealul ocupat de indivizii ei. Se poate măsura în unităţi (numărul de indivizi) sau biomasă, exprimată la o unitate de suprafaţă ($km^2$, ha) sau volum ($m^3$).

4. **Natalitatea** – numărul de indivizi care au apărut în urma reproducerii într-o perioadă de timp.

Ea poate fi:

a) *absolută* – reprezintă numărul total de indivizi născuţi;

b) *relativă* – reprezintă modificarea medie a efectivului populaţiei, raportată la un individ într-o anumită perioadă de timp.

Natalitatea este influenţată de o serie de factori, printre care: raportul dintre sexe, numărul de indivizi maturi, durata ciclului vital, raportul dintre perioada de reproducere şi durata vieţii, prolificitatea organismelor (o scrumbie depune circa 40 mii de icre, un somon – circa 1500, iar un rechin – câteva unităţi), îngrijirea urmaşilor, clima, prezenţa răpitorilor etc.

5. **Mortalitatea** – numărul de indivizi ai populaţiei care au pierit într-o anumită perioadă de timp.

Ea reprezintă latura opusă a natalităţii, fiind determinată, de altfel, de aceiaşi factori ai mediului înconjurător. Pieirea în masă a indivizilor este provocată mai ales de răpitori, paraziţi şi diverse boli infecţioase. Rata mortalităţii diferă la diverse etape ale ontogenezei. Cea mai afectată etapă este stadiul de pui, în timpul căreia indivizii sunt expuşi celui mai mare pericol. Organismele adulte sunt mai rezistente şi mai bine adaptate la mediul înconjurător.

6. **Creşterea numerică a populaţiei** – diferenţa dintre natalitate şi mortalitate.

Ea poate fi pozitivă sau negativă.

7. **Ritmul de creştere** – adaosul numeric mediu într-o unitate de timp.

Modificările ritmurilor de creştere a populaţiilor diferă de la o specie la alta. Schematic, ritmul de creştere ar putea fi redat printr-o curbă ce include o perioadă de adaptare, o creştere exponenţială şi o perioadă staţionară. Dacă natalitatea nu depăşeşte mortalitatea, poate urma un declin, existenţa populaţiei fiind pusă în pericol.

8. **Structura de sex** – raportul dintre numărul de femele şi numărul de masculi în cadrul populaţiei.

Sexul organismelor reprezintă, de asemenea, un caracter determinat genetic. În general, raportul dintre sexe este de 1:1. În natură însă, acest raport în populaţie se stabileşte nu numai după legile genetice, ci şi sub acţiunea mediului înconjurător. El poate să difere fie în favoarea femelelor (de exemplu, la ondatre, fazani, piţigoi), fie în favoarea masculilor (de exemplu, la pinguini, lilieci).

9. **Structura de vârstă** – raportul dintre indivizii de diferite vârste.

Structura de vârstă a populaţiei este determinată de proprietăţile biologice ale speciei şi de acţiunea factorilor mediului înconjurător.

Dacă populaţia conţine indivizi de toate vârstele, ea se numeşte *completă*, iar în cazul lipsei indivizilor de o anumită vârstă – *populaţie incompletă*. Populaţiile complete se caracterizează prin stabilitate, independenţă şi autoreglare sporită. Un rol deosebit în populaţii le revine indivizilor care au atins maturitatea sexuală şi sunt capabili de reproducere. Prin reproducere se asigură restabilirea şi menţinerea efectivului populaţiei.

10. **Structura etologică** reflectă relaţiile dintre indivizii unei populaţii.

În funcţie de comportamentul animalelor, există diferite moduri de viaţă:

a) *modul de viaţă solitar* – indivizii populaţiei sunt izolaţi unul de altul; este specific doar la anumite etape ale ciclului vital, deoarece animalele, practic, nu pot exista izolate;

*Moduri de viaţă ale animalelor*

b) *modul de viaţă familial* – în cadrul populaţiei se stabilesc relaţii între părinţi şi urmaşii lor (de exemplu, la unele păsări, la lei);

c) *modul de viaţă colonial* – reprezintă aşezări de grup ale animalelor sedentare (de exemplu, la ciorile de câmp, pescăruşi, rândunele, lemingi, albine, furnici, termite);

d) *modul de viaţă în grup* – asociaţii temporare de animale, care se caracterizează printr-o organizare biologică utilă a acţiunilor lor (apărare de duşmani, orientarea în spaţiu, migraţia, dobândirea hranei). Acest mod de comportament poate fi întâlnit la diferite organisme: bancurile de peşti, stolurile de păsări, haitele de lupi;

e) *modul de viaţă în turme* – asociaţii durabile (stabile) de animale, care asigură realizarea unei funcţii majore (apărarea de duşmani, reproducerea, dobândirea hranei, educaţia generaţiei tinere etc.). În cadrul turmei se instalează diferite relaţii de dominare–supunere, o deosebită valoare având forţa fizică, vârsta, experienţa de viaţă (de exemplu, la paviani, culani, antilope).

Organizarea indivizilor în populaţii asigură o mai bună adaptare la factorii mediului înconjurător. Menţinerea echilibrului dinamic în cadrul populaţiei se datorează homeostaziei populaţionale, rezultat al interacţiunilor complexe intraspecifice şi interspecifice.

**1** • **Scrie definiţia noţiunii de *populaţie*.**

**2** • **Enumeră 4–5 caracteristici ale populaţiei, reflectând esenţa lor printr-o propoziţie.**

**3** • **Alcătuieşte o schemă în care să redai diversitatea organizării populaţionale a indivizilor.**

**4** • **Citeşte afirmaţiile de mai jos şi încercuieşte** A, **dacă afirmaţia este adevărată, sau** F, **dacă ea este falsă.**
• **Dacă ai încercuit** F, **scrie afirmaţia corectă. (Se realizează în caiet.)**

**A** A F Populaţiile ciclice reflectă repartizarea animalelor în cadrul arealului în funcţie de sursa de hrană sau adăpost.

**B** A F Populaţiile ecologice reprezintă populaţiile ce se reproduc sexuat în urma încrucişării libere a indivizilor.

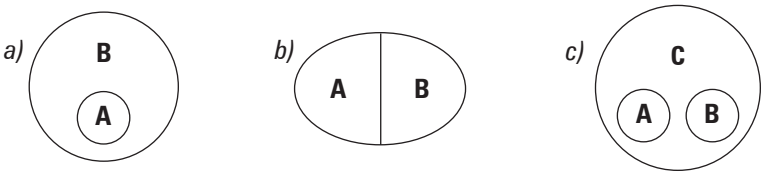
**5** • **Formulează şi argumentează cel puţin 2 concluzii care ar demonstra importanţa organizării indivizilor în populaţii, în baza informaţiei din codul de bare *QR 4.3.1*.**

**6** • **Alcătuieşte o integramă care să scoată în evidenţă o particularitate a populaţiei.**

*QR 4.3.1*

**7** • **Argumentează în 5–7 propoziţii de ce populaţiile asigură o mai bună adaptare la factorii de mediu în comparaţie cu individul, folosind metoda obiectivelor focale.**

**8** • **Scrie în caiet câte două exemple de noţiuni care reflectă următoarele tipuri de corelaţii prezentate prin cercurile Eyler:**




**9** • **Estimează consecinţele pozitive şi negative ale arderii miriştii, după recoltarea culturilor agricole, asupra populaţiilor de organisme.**

**10** • **Prezintă un business plan pentru sporirea productivităţii piscicole într-un heleşteu.**

# 4.4 Organizarea materiei vii la nivel de biocenoză

Organismele vii care populează un anumit teritoriu nu reprezintă o totalitate de elemente autonome, ci un întreg, alcătuit în baza relaţiilor interdependente. Totalitatea plantelor, animalelor, ciupercilor şi microorganismelor, unite prin conexiuni într-un întreg, formează o **biocenoză** (din lat. *bios* – viaţă; *koinos* – în comun), iar teritoriul populat de o biocenoză formează **biotopul** (din lat. *bios* – viaţă; *topos* – loc).

Biocenoza reprezintă un nivel de organizare a lumii vii superior populaţiilor. Ea este alcătuită dintr-un număr diferit de specii. Toate aceste specii, direct sau indirect, asigură existenţa biocenozei. În funcţie de speciile caracteristice biocenozelor, ele pot avea dimensiuni diferite. Dimensiunile biocenozelor variază în limite foarte mari, de exemplu, de la un trunchi de copac până la pădure; de la o baltă până la mare etc.

Fiecare biocenoză, indiferent de natura sa (*naturală* – bazin acvatic, pădure etc.; *artificială* – livadă, lan de grâu etc.) şi dimensiunile sale, se caracterizează printr-o organizare generală comună.

*Exemple de biocenoze*

### Structura unei biocenoze

- **Elementele structurale principale**

1. *Producători* – organisme care asigură sinteza substanţei necesare pentru existenţa biocenozelor. În majoritatea biocenozelor naturale, în calitate de producători principali sunt plantele fotosintetizante: plantele vasculare în biocenozele terestre sau algele în biocenozele acvatice. În unele cazuri, funcţia de producător poate fi preluată şi de om, de exemplu, atunci când se ocupă cu creşterea peştilor într-un bazin acvatic artificial.

2. *Consumatori* – organismele care asigură transformarea succesivă a substanţelor organice. Consumatorii biocenozelor sunt reprezentaţi de diferite grupuri de animale, inclusiv de om. Diversitatea consumatorilor este foarte mare, drept urmare a adaptării la condiţiile de trai. Ei se pot clasifica în:

2.1. *consumatori primari* – animale care se hrănesc cu ţesuturi vegetale (fitofagi);

2.2. *consumatori secundari* – animale care se hrănesc cu alte animale fitofage (carnivori);

2.3. *consumatori terţiari* (consumatori de vârf) – animale care se hrănesc cu consumatorii primari şi/sau secundari (de exemplu, păsările răpitoare).

În funcţie de sursa de hrană utilizată, se deosebesc două tipuri principale de consumatori: *biofagi* (consumatori de hrană vie, de exemplu, larvele unor insecte) şi *saprofagi* (consumatori de substanţă organică moartă, de exemplu, unele ciuperci).

3. *Distrugători* – organisme care cauzează degradarea (mineralizarea) substanţelor organice. De regulă, microorganismele (ciupercile de mucegai, bacteriile) şi anumite animale (zoofagi) şi plante (fitofagi) cauzează descompunerea resturilor organice ale plantelor şi animalelor.

• **Grupurile principale de organisme**

1. *Organisme autotrofe*. Aceste organisme îşi asigură sinteza substanţelor organice cu forţele proprii. Principalele organisme autotrofe sunt plantele verzi, care, pe contul energiei solare şi al substanţelor anorganice ($CO_2$, $H_2O$), contribuie la formarea unei biomase organice enorme şi, în cele din urmă, asigură existenţa biocenozei. Aceste organisme se numesc fotoautotrofe (pe lângă plantele verzi, în acest grup intră şi algele care realizează o fotosinteză similară plantelor vasculare, dar şi bacteriile fotosintetizante care utilizează $CO_2$ şi $H_2S$ pentru sinteza substanţelor organice).

Organisme autotrofe sunt şi un grup de bacterii caracteristice solului, care utilizează pentru sinteza substanţelor organice din cele anorganice energia produsă de reacţiile chimice (oxidarea sulfului, fierului, azotului). Aceste bacterii (chemoautotrofe) au fost descoperite de savantul rus A. N. Vinogradski.

În condiţiile lipsei de lumină şi concentraţiei reduse sau lipsei totale de oxigen, bacteriile sunt unicele organisme care au capacitatea de a sintetiza substanţe organice, sinteză atât de necesară pentru existenţa biocenozei.

2. *Organisme heterotrofe*. Aceste organisme consumă substanţe organice deja sintetizate de alte organisme. Din acest grup fac parte animalele, ciupercile şi majoritatea bacteriilor.

Organismele heterotrofe pot utiliza substanţa organică a altor organisme, fie parazitând pe ele (organismele parazite), fie degradând resturile lor (organisme saprofite).

Marea diversitate a organismelor heterotrofe se explică prin adaptabilitatea înaltă a organismelor la diferite surse de hrană şi ocuparea anumitor nişe ecologice.

• **Indicii principali**

1. *Valoarea numerică* – totalitatea indivizilor (a speciilor) caracteristică unui biotop. Ea depinde de tipul speciilor din biocenoză, gradul lor de adaptabilitate, specializarea organismelor, aria teritoriului ocupat etc. Valoarea numerică poate fi determinată după numărul de indivizi (specii) la o unitate de suprafaţă ce coincide cu arealul biocenozei.

Acest indice poate să reflecte neomogenitatea habitatului, determinată de condiţiile favorabile de trai.

2. *Biomasa* – cantitatea de substanţă organică a indivizilor (speciilor), care formează biocenoza. Ea se exprimă în unităţi de greutate (kg, tone) la o unitate de suprafaţă ($m^2$, ha). Partea considerabilă din biomasa biocenozelor terestre revine plantelor superioare.

3. *Productivitatea* – biomasa organică ce se formează într-o unitate de timp. Evident, ea este determinată de activitatea plantelor ca producători principali.

Productivitatea biocenozei asigură reînnoirea biomasei organice. Această reînnoire este mult mai rapidă în biocenozele acvatice decât în cele terestre.

Biocenozele naturale se caracterizează printr-un şir de proprietăţi:

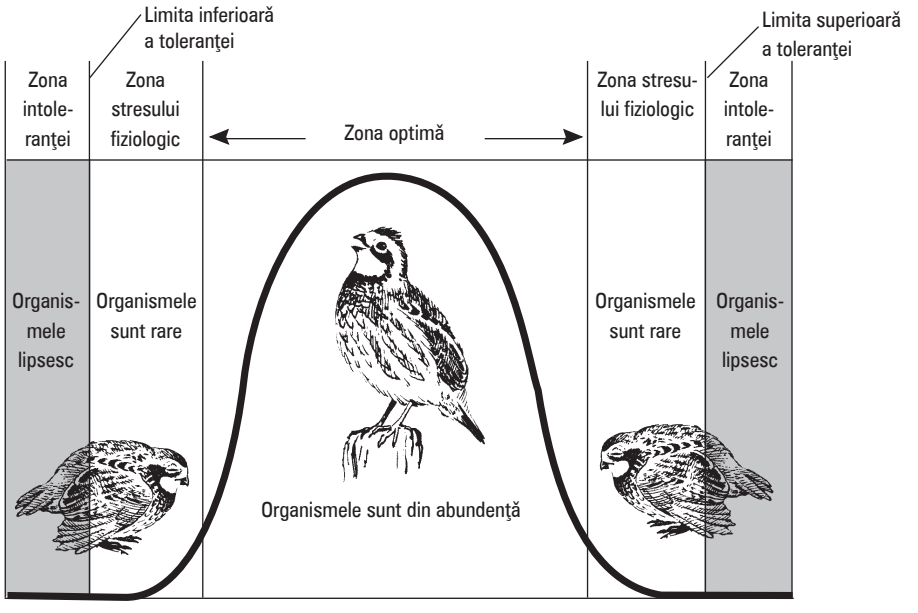
- interdependenţa organismelor la baza cărora se află legăturile trofice;
- circulaţia materiei şi energiei prin intermediul organismelor vii;
- posibilitatea succesiunilor (transformărilor) ecologice;
- capacitatea înaltă de autoreglare, asigurată de componentele biocenozei.

În biocenozele naturale se instalează anumite legităţi.

În 1840, chimistul german J. Liebig a elaborat **legea minimului**, conform căreia „creşterea plantelor depinde de acele elemente care sunt necesare existenţei în sol în condiţii minime". De exemplu, plantele ce cresc pe solurile alcaline sau acide dau recolte slabe, cu toate că celelalte condiţii (concentraţiile de azot, potasiu, fosfor, apă etc.) sunt optime. Mai târziu, această lege a fost aplicată şi pentru organismele animale, însă nu poartă un caracter universal.

În 1911, V. Shelford enunţă **legea toleranţei**, conform căreia dezvoltarea materiei vii este posibilă numai în anumite limite ale concentraţiei factorilor abiotici. Aceste limite se încadrează în pessimum (limitele minimă şi maximă la care o specie nu mai poate supravieţui condiţiilor unui factor biologic). Organismele pot avea toleranţe diferite pentru diverşi factori ai mediului, ceea ce le permite o adaptare mai largă.

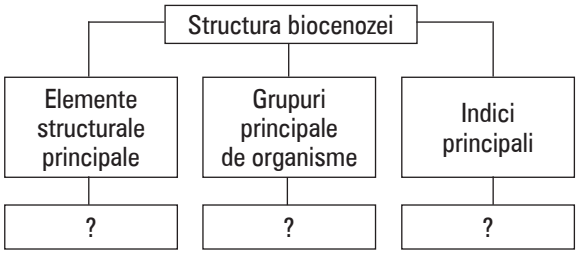
Perpetuarea unei specii în cadrul biocenozei este determinată de totalitatea factorilor care asigură reproducerea acesteia.




*Reprezentarea grafică a legii toleranţei*

**1** • **Scrie definiţia noţiunii de *biocenoză* şi dă câteva exemple de biocenoză.**

**2** • **Completează în caiet schema alăturată.**




**3** • **Scrie în faţa literelor din coloana *A*, ce indică nivelurile nutriţionale într-o fâneaţă, cifrele corespunzătoare din coloana *B*, ce indică organismele acestor niveluri. (Se realizează în caiet.)**

**A**

_____ a) consumatori primari
_____ b) consumatori secundari de ordinul II
_____ c) consumatori terţiari
_____ d) consumatori secundari de ordinul I
_____ e) producători primari

**B**

1. uliu
2. plante ierboase
3. piţigoi
4. ploşniţe
5. păianjeni
6. bondari
7. rândunele

**4** • **Alcătuieşte o hartă morfologică ce ar include elementele structurale şi grupurile principale de organisme ale unei biocenoze din localitate.**

**5** • **Completează în caiet schema de mai jos.**

**Deosebiri**

**Organisme autotrofe** ← **Criterii** → **Organisme heterotrofe**

**6** • **Elimină intrusul şi explică printr-o frază de ce l-ai eliminat.**

**a** plante fotosintetizante, bacterii saprofite, bacterii sulfurice, bacterii nitrificatoare

**b** iepure, vulpe, lup, leu

**7** • **Selectează 2–3 lanţuri trofice ale biocenozei reflectate în codul de bare *QR 4.4.1*.**

**8** • **Realizează o sinteză a particularităţilor biocenozei expuse în codul de bare *QR 4.4.1*.**

**9** • **Prezintă 2–3 consecinţe ale valorificării iraţionale a resurselor piscicole din râul Nistru, utilizând gândirea critică.**

*QR 4.4.1*

**10** • **Întocmeşte o notă informativă (2500 de semne) pentru autorităţile publice locale, care ar reflecta necesitatea protecţiei unei biocenoze din localitatea ta.**

## 4.5 Organizarea materiei vii la nivel de biosferă

Viaţa există sub diverse forme de organizare. Acea parte a globului pământesc (litosfera, hidrosfera şi atmosfera) care este populată de organisme vii formează **biosfera**.

Fondatorul conceptului de biosferă este considerat savantul rus V.I. Vernadski (1863–1945), care a publicat, în anul 1924, lucrarea *Biosfera*. În această lucrare sunt evidenţiate două particularităţi generale ale biosferei:

- biosfera reprezintă învelişul viu al Pământului;
- biosfera reprezintă învelişul Pământului care transformă radiaţia cosmică în diferite tipuri de energie: electrică, chimică, mecanică, termică.

Majoritatea organismelor sunt concentrate la suprafaţa Pământului, la mici adâncimi ale bazinelor acvatice, în spaţiul aerian, în straturile superficiale ale solului (până la 25–35 cm). Însă limitele de existenţă a organismelor sunt cu mult mai mari. De exemplu, unele organisme (în special bacteriile) pot fi întâlnite în litosferă până la adâncimea de 8 km, în hidrosferă – până la 11 km, iar în atmosferă – până la 85 km (sporii unor bacterii).

Se presupune că biosfera contemporană conţine peste 2 milioane de specii de organisme, iar de la formarea ei şi până în prezent depăşeşte cifra de 1 miliard. Diversitatea speciilor şi densitatea indivizilor în cadrul biosferei depind de mai mulţi factori: specie, zonă geografică, grad de adaptabilitate a organismelor etc.

În componenţa biosferei intră diferite tipuri de materie:

1. **materie vie** – biomasa alcătuită din vegetaţie (circa 99 % din ecosistemele terestre şi circa 50 % din ecosistemele acvatice) şi animale. Ea se estimează la circa $2{,}4 \times 10^{12}$ tone (circa 0,001 % din masa crustei terestre);
2. **materie organică biogenă** – resturile organismelor moarte din apă şi sol. Cu timpul, ea se transformă în humus;
3. **materie inertă** – substanţa anorganică ce formează litosfera, hidrosfera şi atmosfera;
4. **materie bioinertă** – complex din materie vie, organică biogenică şi inertă (solul, mâlul, apa freatică);
5. **materie radioactivă** – izotopii radioactivi naturali ($^{235}U$, $^{238}U$, $^{40}K$, $^{14}C$, $^{3}H$ etc.), care generează radiaţie ionizantă;
6. **atomi liberi dispersaţi** – minereuri metalice din straturile litosferei;
7. **pulbere cosmică** – particule solide de origine cosmică;
8. **materie organică tehnogenă** – compuşi organici produşi de industria chimică (pesticide etc.).

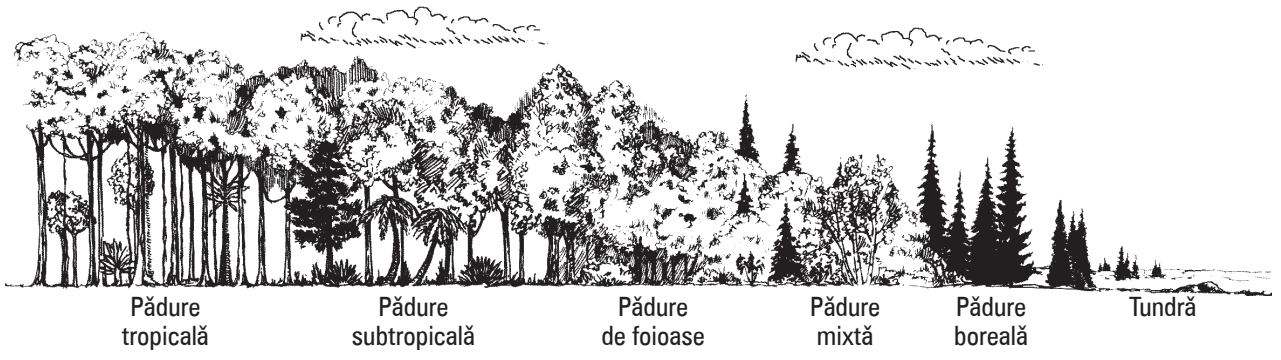
Biosfera, fiind un sistem deschis, se caracterizează printr-un circuit permanent de materie şi energie cu participarea nemijlocită a organismelor vii.

Organismele autotrofe asigură sinteza substanţelor organice pe baza substanţelor nutritive, absorbite din apă sau sol, a dioxidului de carbon şi energiei solare. Prin fotosinteză şi respiraţie, ele menţin echilibrul dinamic al oxigenului şi dioxidului de carbon, iar prin transpiraţie – şi al apei. Biomasa organică sintetizată asigură existenţa organismelor heterotrofe. Consumatorii (animalele) scindează această substanţă, transformând-o în compuşi caracteristici organismelor. În cele din urmă, animalele saprofite, unele ciuperci şi bacterii descompun această substanţă organică până la compuşi mai simpli, care, la rândul lor, fiind eliberaţi în sol, sunt reincluşi în circuitele biogenice ale majorităţii elementelor chimice (carbon, azot, fosfor, oxigen, hidrogen, sulf etc.).

Circuitul biogeochimic global nu este închis. Reciclarea substanţelor atinge 90–98 %. Restul sunt „depuneri geologice".

Reînnoirea biomasei în biosferă se produce în circa 8 ani. Biomasa vegetală a uscatului se reînnoieşte mai lent (în circa 14 ani), iar biomasa oceanului – cu mult mai repede. Masa organică din oceane se reînnoieşte timp de 33 de zile, iar masa vegetală – în fiecare zi.

Biomasa şi numărul speciilor în ecosistemele terestre creşte de la poli spre ecuator. În tundră există circa 500 de specii de plante, în zona de stepă – până la 2000 de specii, iar în pădurile tropicale – peste 8000 de specii.




*Biomasa vegetaţiei în diferite zone geografice*

Schimbul de apă în hidrosferă durează circa 2800 de ani. Reînnoirea oxigenului din atmosferă se produce în decursul a câtorva mii de ani, iar a dioxidului de carbon – timp de 6,3 ani.

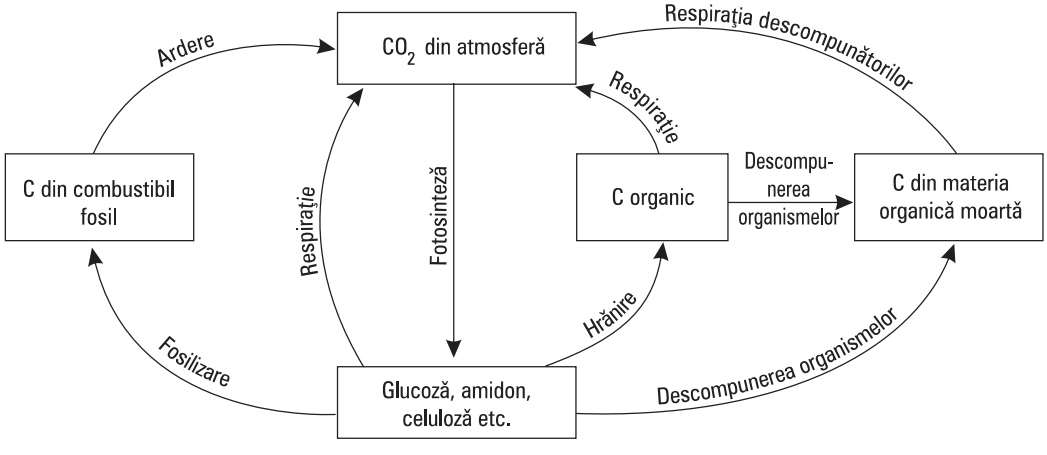
În biosferă se realizează sinteza substanţei organice şi acumularea energiei, paralel cu descompunerea substanţelor complexe şi formarea celor iniţiale.

În limitele Terrei, substanţa organică este încadrată în **circuitul mare** (geologic) şi **circuitul mic** (biologic). Circuitul mic decurge în limitele biosferei.

Organismele vii, prin intermediul lanţurilor trofice, asigură migraţia biogenică a elementelor chimice din mediu, determinând, în cele din urmă, menţinerea lor într-un echilibru dinamic, datorită ciclurilor biogeochimice.

Implicarea activă a organismelor în migrarea elementelor chimice poate fi observată pe exemplul circuitului carbonului.

**Circuitul carbonului** începe cu fixarea dioxidului de carbon de către plante în cadrul fotosintezei. O parte din hidraţii de carbon sintetizaţi sunt utilizaţi de aceste plante ca sursă de energie, iar altă parte – consumaţi de animale. Plantele şi animalele moarte se descompun, iar carbonul din ţesuturile lor se oxidează până la dioxid de carbon, ce se elimină în atmosferă. Dioxidul de carbon se mai elimină şi în procesul de respiraţie a plantelor şi animalelor. Prin descompunerea resturilor vegetale şi/sau animale, în lipsă de oxigen se formează turba, cărbunele de pământ, petrolul. La arderea lor, pentru a obţine energie, în atmosferă se elimină dioxid de carbon. Astfel se realizează migrarea carbonului în cadrul unui ciclu.




*Circuitul carbonului în natură*

Prin circuitul substanţelor, biomasa organică a biosferei contribuie la realizarea funcţiilor biogeochimice principale:

• **funcţia gazoasă** constă în menţinerea unui echilibru de gaze în atmosferă (fixarea de către plante a dioxidului de carbon şi eliminarea oxigenului în cadrul fotosintezei; utilizarea oxigenului pentru respiraţia plantelor şi animalelor cu eliminarea dioxidului de carbon, a oxizilor de azot etc.);

• **funcţia de concentrare** constă în acumularea de către organismele vii a tot felul de elemente chimice (carbon, azot, hidrogen, oxigen, fosfor, fier, sulf, iod etc.);

• **funcţia de oxidoreducere** constă în oxidarea şi reducerea substanţelor în organismele vii (reducerea dioxidului de carbon până la hidraţi de carbon în cadrul fotosintezei şi oxidarea lor până la dioxid de carbon în cadrul respiraţiei).

Circuitul global al substanţelor în biosferă constă în migrarea lor în cadrul litosferei, hidrosferei, atmosferei cu participarea nemijlocită a organismelor vii. Graţie circuitului biologic, se poate menţine viaţa şi în cazul concentraţiilor reduse de elemente chimice.

Circuitul biologic asigură fluxul materiei şi energiei prin intermediul producătorilor, consumatorilor şi descompunătorilor ecosistemelor naturale şi artificiale. Acest ciclu este de două tipuri: închis şi deschis. În cadrul circuitului închis, toate substanţele nutritive caracteristice ecosistemelor naturale sau artificiale se află în transformări succesive în lanţurile trofice.

Prezenţa unui circuit biologic deschis presupune că o parte din substanţele nutritive ale ecosistemelor se stochează la o anumită etapă. Aceste substanţe pot fi valorificate sub formă de recoltă a culturilor agricole sau se pot depune sub formă de materie organică sau anorganică (turbă, cărbune).

Prin intermediul circuitelor de materie şi energie se menţine starea de echilibru dinamic în cadrul biosferei, care este nivelul superior de organizare a materiei vii.

**1** • **Scrie definiţia noţiunii de *biosferă*.**

**2** • **Prezintă schematic limitele de răspândire a vieţii pe Terra, utilizând următoarele semne convenţionale:**

**3** • **Prezintă într-o schemă „Desen informaţional” circuitul oxigenului în natură şi explică printr-o propoziţie semnele convenţionale utilizate.**

**4** • **Clasifică tipurile de materie ce intră în componenţa biosferei şi prezintă informaţia în cercurile Eyler.**

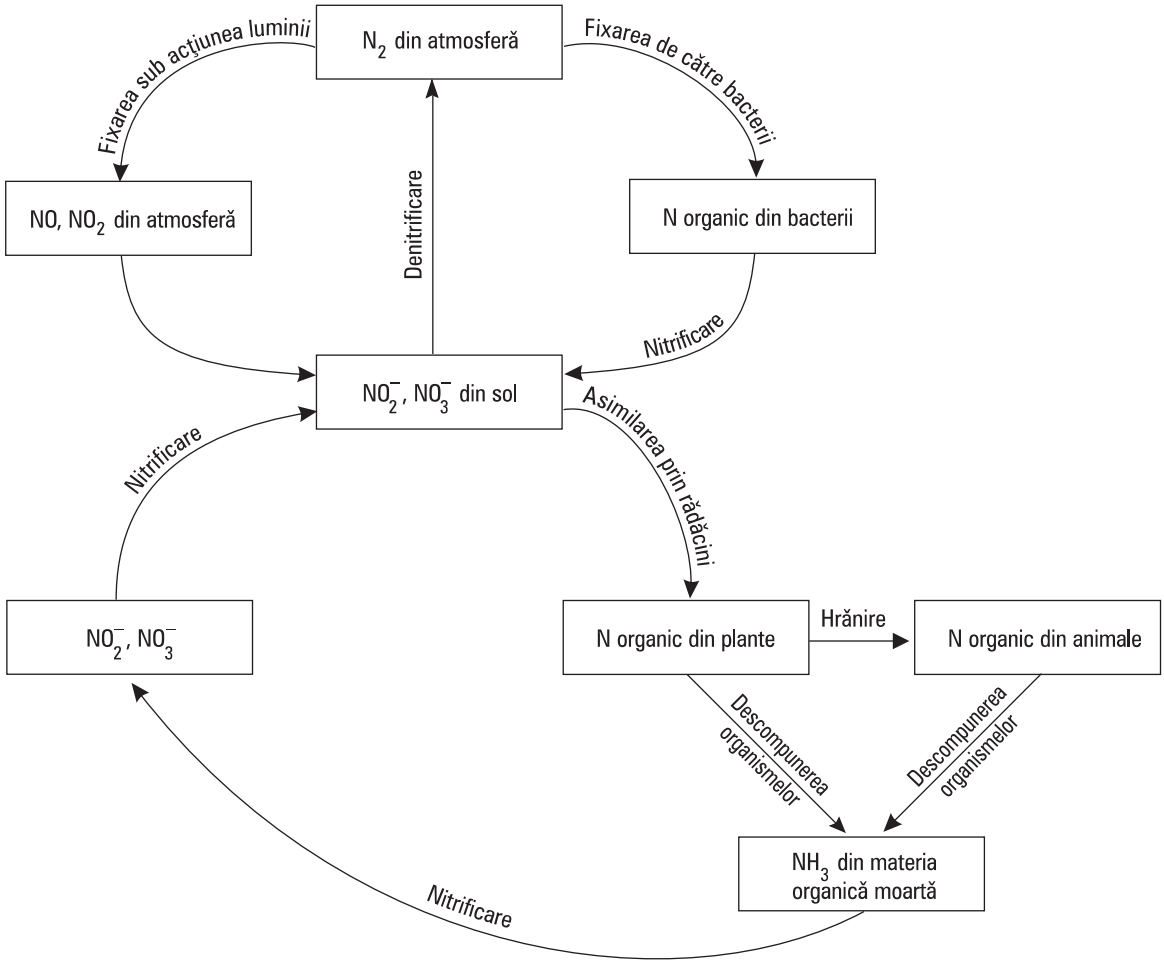
**5** • **Citeşte afirmaţiile de mai jos, constituite din două părţi, ambele adevărate.**
• **Încercuieşte** DA, **dacă partea a doua explică prima parte, şi** NU, **dacă partea a doua nu o explică.**
• **Scrie afirmaţia corectă. (Se realizează în caiet.)**

**A** DA NU Circuitele biologice sunt nişte circuite deschise, deoarece o parte din materie şi din energie se stochează la anumite etape.

**B** DA NU Plantele superioare formează în cadrul fotosintezei glucoză, deoarece la acest proces participă apa.

**6** • **Scrie în caiet 4–5 argumente care ar explica de ce biomasa în ecosistemele terestre creşte de la poli spre ecuator.**

**7** • **Analizează schema circuitului azotului în natură şi descrie prin 1–2 propoziţii rolul fiecărui grup de organisme în menţinerea echilibrului dinamic în biosferă.**




*Circuitul azotului în natură*

**8** • **Explică în 5–7 propoziţii de ce pentru păstrarea biosferei este necesară menţinerea biodiversităţii.**

**9** • **Estimează consecinţele lipsei bacteriilor în biosferă, consultând informaţia despre semnificaţia bacteriilor în codul de bare *QR 4.5.1*.**

*QR 4.5.1*

**10** • **Prezintă avantajele valorificării surselor netradiţionale de energie din localitate pentru economie, mediu şi comunitate.**

# 4.6 Ecosisteme naturale. Ecosistemul terestru-aerian

**Ecosistemul** reprezintă un complex ecologic unitar, rezultat din interacţiunea organismelor vii şi a factorilor abiotici (temperatură, precipitaţii atmosferice, radiaţii naturale, vânt, sol etc.). Astfel, ecosistemul este alcătuit din totalitatea speciilor (*biocenoză*) ce populează un anumit teritoriu (*biotop*): ecosistem = biotop + biocenoză.

Termenul **biotop** a fost propus de savantul german F. Dahl, în 1908, pentru a denumi locul de viaţă al unei biocenoze. Termenul **biocenoză** a fost propus, în 1877, de zoologul german K.A. Möbius, pentru definirea asocierii speciilor de plante şi animale care interacţionează şi populează un anumit teritoriu (mediu delimitat).

Savantul englez A.G. Tanasley a propus, în 1935, termenul **ecosistem**, pentru a desemna unitatea elementară fundamentală a biosferei, formată din biotop (mediul ambiant în care trăiesc organismele) şi biocenoză (totalitatea organismelor animale şi vegetale care populează biotopul). Între biotop şi biocenoză există un schimb permanent de substanţă şi energie.

Fiecare ecosistem se caracterizează prin elemente constitutive (faună, floră, precum şi factori fizico-chimici); structură (distribuire spaţială); mărime (limite de răspândire); funcţionalitate (relaţii interdependente între componentele sale).

Ecosistemele pot fi diferenţiate după mai multe criterii:

• **Mărime:**
– microecosistem (un arbore);
– mezoecosistem (o pădure);
– macroecosistem (un ocean);
– ecosferă (planeta Pământ).

• **Mediu:**
– terestre (se formează pe uscat);
– acvatice (se formează în bazinele acvatice);
– cavernicole (se formează în peşteri).

• **Origine:**
– naturale (păduri tropicale, deşerturi, râuri etc.);
– seminaturale (rezervaţii naturale pentru aclimatizarea animalelor aflate pe cale de dispariţie, parcuri);
– artificiale (lanuri de cereale, livezi, iazuri etc.).

Distribuţia spaţială şi temporală a elementelor ecosistemului asigură structura acestuia. Ecosistemul se caracterizează prin:

• structură de biotop – reflectă diversitatea speciilor în funcţie de mediul fizic;
• structură spaţială – reflectă configuraţia ecosistemului în funcţie de repartizarea elementelor în spaţiul fizic;
• structură biocenotică – reflectă relaţia dintre organisme în funcţie de specie;
• structură biochimică – reflectă interacţiunea dintre organisme (specii) prin intermediul produselor metabolice;
• structură trofodinamică – reflectă migrarea fluxului de materie şi energie etc.

**Ecosistemele terestre-aeriene** sunt considerate cele mai diverse după componentele lor ecologice. Viaţa pe uscat a determinat formarea unor adaptări ale plantelor şi animalelor. La baza diferenţierii ecosistemelor terestre se află diversitatea vegetaţiei şi prezenţa speciilor dominante.

Componentele principale ale structurii orizontale a ecosistemelor terestre sunt **consorţiile** şi **sinuziile**.

**Consorţiile** reprezintă o parte structurală a ecosistemului de dimensiuni mici, care reuneşte indivizi de diferite specii. Aceşti indivizi nu pot exista unii fără alţii.

**Sinuziile** reprezintă un complex de consorţii ce întruneşte mai multe populaţii.

Structura verticală a ecosistemelor terestre prezintă o stratificare (etajare) pronunţată. Ea este determinată de natura vegetaţiei, dar include şi particularităţile solului şi ale faunei. Fiecare strat reprezintă doar o parte componentă a întregului sistem şi nu poate funcţiona autonom. În cadrul fiecărui strat (orizont), atât plantele, cât şi animalele se adaptează la condiţiile de trai. Divizarea ecosistemelor în straturi este în mare măsură convenţională, deoarece între ele există un schimb permanent de materie şi energie (căderea frunzelor sau fructelor, migrarea insectelor sau păsărilor etc.).

Stratificarea poate fi bine observată într-o pădure de foioase, caracteristică teritoriului nostru. În aceste păduri se pot distinge trei straturi principale:

1. *stratul subteran* (orizonturile solului) – format de rădăcinile plantelor, numeroase artropode, microorganisme etc.;

2. *stratul de la suprafaţa solului* (patoma) – format de covorul de iarbă, ciuperci, artropode, reptile, mamifere etc.;

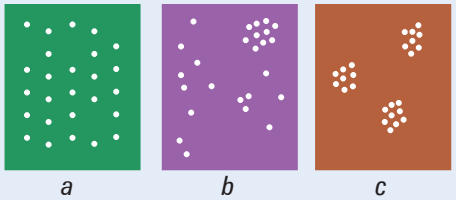
3. *straturile supraterane* (epigee) – formate de diferiţi arbori şi arbuşti, păsări, unele mamifere etc.

În cadrul ecosistemului terestru există o anumită distribuţie a organismelor. Această distribuţie poate fi:

• *uniformă* – organismele sunt repartizate la o distanţă egală unele faţă de altele (se întâlneşte rar în ecosistemele naturale);

• *aleatorie* – organismele sunt repartizate la întâmplare unele faţă de altele;

• *contagioasă* – organismele sunt grupate în comunităţi.




*Distribuţia organismelor în ecosistem: a – uniformă; b – aleatorie; c – contagioasă*

Particularităţile ecosistemelor terestre sunt determinate, în mare măsură, de tipul vegetaţiei şi de animalele ce exercită o acţiune considerabilă asupra acesteia prin intermediul *păşunatului*, *distrugerii seminţelor* şi *transformării solului*.

Starea covorului vegetal poate fi influenţată de animalele fitofage, anumite insecte şi unele rozătoare. Diferite specii de animale care se hrănesc cu seminţe (animale granivore) asigură răspândirea acestora, dar, totodată, irosesc fondul de seminţe necesar pentru restabilirea vegetaţiei. În acest proces distructiv sunt implicate şi numeroase ciuperci de mucegai, care provoacă distrugerea seminţelor.

Animalele participă activ la transformarea solului prin săparea galeriilor subterane, depozitarea substanţelor organice, deplasarea substanţelor organice şi minerale, descompunerea resturilor vegetale şi animale etc.

Fiecare ecosistem este format din două componente: *producţia primară* şi *producţia secundară*. Producţia primară este asigurată de plante, datorită sintezei substanţelor organice din cele anorganice, iar producţia secundară reprezintă biomasa obţinută de organismele heterotrofe în procesul consumării substanţei organice.

**Producţia primară netă a unor ecosisteme naturale terestre**

| Tipul ecosistemului | Producţia primară netă (grame de substanţă uscată/m$^2$/an) |
|---|---|
| Deşert cald | 3 |
| Desiş de arbuşti în deşert cald | 70 |
| Tundră | 140 |
| Pădure boreală de conifere | 520 |
| Pajişte temperată | 560 |
| Pajişte tropicală | 700 |
| Pădure mixtă cu climă temperată | 1000 |
| Pădure de conifere | 1500 |
| Pădure tropicală | 2000 |

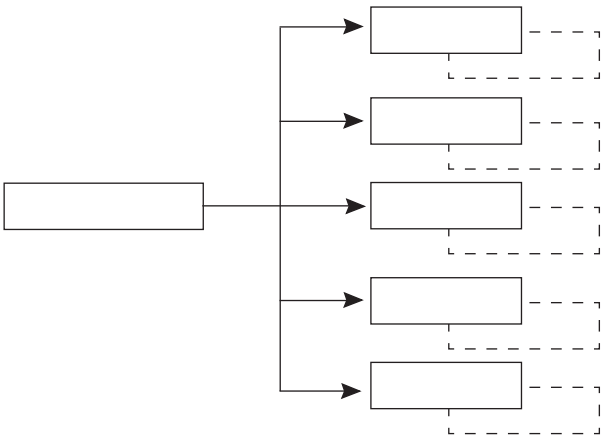
Producţia primară netă (cantitatea de biomasă vegetală obţinută în cadrul fotosintezei, exclusiv pierderile pentru întreţinere) variază de la un ecosisitem la altul (vezi tabelul).

Producţia primară a ecosistemelor terestre, spre deosebire de a celor acvatice, depinde de numărul de specii vegetale şi de o gamă de factori, printre care: cantitatea de precipitaţii atmosferice, temperatura mediului înconjurător, relaţiile intraspecifice şi interspecifice, capacitatea de autoreglare etc.

În cadrul ecosistemelor terestre, fiecare organism ocupă *nişa sa ecologică* – complexul factorilor de mediu (biotici şi abiotici) cu care interacţionează. Datorită acestui fapt, în ecosistemele terestre există diverse plante şi animale ce posedă un grad înalt de adaptabilitate la condiţiile mediului înconjurător. În urma convieţuirii, organismele (vegetale şi/sau animale) s-au obişnuit să utilizeze raţional posibilităţile biotopului lor. Astfel au apărut diverse adaptări la sursa de hrană, umiditatea mediului, durata zilei, temperatură etc., ce le ajută organismelor să supravieţuiască în condiţiile respective de trai.

**1** • **Clasifică ecosistemele după cel puţin 3 criterii.**

**2** • **Întocmeşte în caiet o schemă asemănătoare celei de mai jos. Completeaz-o, notând:**
**a)** în dreptunghiurile prezentate cu linii continue – tipul structurilor ecosistemului;
**b)** în dreptunghiurile prezentate cu linii întrerupte – esenţa structurii corespunzătoare.



**3** • **Prezintă grafic componentele structurale orizontale şi verticale ale unui ecosistem terestru-aerian din localitatea ta.**

**4** • **Prezintă în cercurile Eyler corelaţia dintre următoarele noţiuni:** *ecosistem, consorţii, sinuzii*. **(În acest scop, utilizează exemple de ecosisteme din localitatea ta.)**

**5** • **Prezintă tipurile de distribuţie a organismelor din ecosistemul reflectat în codul de bare QR *4.6.1*.**

*QR 4.6.1*

**6** • **Explică în 5–7 propoziţii esenţa dezvoltării durabile a unui ecosistem.**

**7** • **Prezintă 4–5 exemple ce demonstrează caracterul relativ al adaptărilor organismelor la mediul de trai terestru-aerian.**

**8** • **Realizează o analiză SWOT pe tema** Particularităţile ecosistemului terestru-aerian în localitatea mea.

**9** • **Elaborează un plan de acţiuni în baza căruia să descrii o tehnologie ecologică de obţinere a unor produse utile.**

**10** • **Estimează consecinţele defrişării pădurilor la nivel local, regional şi global.**

## 4.7 Ecosisteme naturale. Ecosistemul acvatic

Apa acoperă circa 70% din suprafaţa Pământului. Astfel, ecosistemele acvatice ocupă o suprafaţă cu mult mai mare decât ecosistemele terestre.

Ecosistemele acvatice se caracterizează printr-un şir de particularităţi, şi anume:

• **Densitatea înaltă a apei şi variaţiile considerabile de presiune**

Densitatea apei determină deplasarea organismelor acvatice şi variaţiile de presiune. Presiunea creşte pe măsura adâncimii bazinului (la fiecare 10 m cu circa 1 atm). Animalele acvatice (hidrobionţii) pot suporta presiuni de până la 400–500 atm (peştii, crustaceele, moluştele).

• **Conţinutul redus de oxigen (în comparaţie cu ecosistemele terestre)**

În fiecare bazin acvatic există molecule de oxigen sub formă de gaz ($O_2$) dizolvat în apă. Animalele acvatice (peştii, zooplanctonul) necesită oxigen pentru respiraţie. În cazul în care cantitatea oxigenului dizolvat în apă este insuficientă, animalele se sufocă şi pier. Reducerea concentraţiei de oxigen dizolvat în apă până la mai puţin de 3 mg/l reprezintă un factor de pericol pentru majoritatea animalelor acvatice.

Deoarece apa caldă reţine mai puţin oxigen decât apa rece, perioada caniculară reprezintă un pericol critic pentru peşti şi zooplancton, fiindcă concentraţia oxigenului dizolvat în apă scade considerabil. De exemplu, la temperatura de 25 °C, cantitatea maximă de oxigen dizolvat în apă constituie 8,3 mg/l, iar la o temperatură de 4 °C – 13,1 mg/l.

• **Repartizarea diferenţiată a luminii în straturile de apă**

În mediul acvatic este cu mult mai puţină lumină decât în aer. O parte din razele solare se reflectă în mediul aerian. Apa absoarbe lumină. Cantitatea de lumină se reduce rapid odată cu creşterea adâncimii. De aceea, majoritatea vieţuitoarelor acvatice sunt concentrate la suprafaţă sau suspendate la mici adâncimi (*planctonul*).

• **Regimul salin specific**

Organismele acvatice s-au adaptat la un anumit regim salin. Formele de apă dulce nu pot exista în mări, iar cele marine nu suportă apa dulce. Speciile capabile să trăiască atât în apă salină, cât şi în apă dulce sunt rare. Ele se pot întâlni în special în estuarele râurilor.

• **Variaţiile temperaturii**

Temperatura apei depinde în mare măsură de cantitatea de energie solară absorbită de apă, de litoral şi de aer. O cantitate mai mare de energie solară determină creşterea temperaturii apei. Temperatura apei creşte, de asemenea, datorită scurgerilor apelor reziduale. În urma evaporării apei de la suprafaţa bazinului, temperatura apei în stratul superficial scade.

Temperatura influenţează diversitatea animalelor şi plantelor ce populează bazinul acvatic. În decursul iernii, lacurile relativ reci sunt foarte sărace în vegetaţie, iar primăvara şi vara, când temperatura apei creşte şi la suprafaţă se ridică straturile bentonice, bogate în elemente nutritive, aceste bazine „înfloresc" datorită dezvoltării vegetaţiei. Suprapunerea straturilor de apă poate fi observată şi toamna. Ca rezultat al creşterii temperaturii apei, primăvara se dezvoltă rapid plantele şi animalele microscopice. Mulţi peşti depun icre şi se înmulţesc în această perioadă a anului, când temperatura apei creşte, iar cantitatea de substanţe nutritive sporeşte. Aceasta însă nu se observă în lacurile mici, deoarece apa în ele se amestecă pe parcursul anului. Creşterea bruscă a temperaturii poate fi fatală pentru unele specii de peşti (păstrăv), care preferă apa rece cu o concentraţie mare de oxigen.

• **Viteza curenţilor de apă (în bazinele cu apă curgătoare) şi aciditatea mediului (pH-ul)**

Bazinele acvatice se caracterizează printr-o valoare specifică a pH-ului. Apa naturală nepoluată are un pH ce variază de la 5 la 6. Pe Terra, apa cea mai puţin poluată se consideră apa de ploaie, dar şi ea se caracterizează printr-o anumită aciditate naturală. Această aciditate naturală este determinată de dizolvarea

dioxidului de carbon din aer în picăturile de apă. Ploile acide au o valoare a pH-ului egal cu 4, iar pH-ul ceţii din regiunile urbane poate atinge o valoare mai mică de 2. Valoarea pH-ului apei din majoritatea lacurilor şi râurilor oscilează între 6,5 şi 8,5. În regiunile unde solurile conţin anumite minerale (de exemplu, sulfide) se întâlnesc bazine acvatice cu o aciditate naturală sporită. Explorarea minelor, de asemenea, poate spori aciditatea bazinelor acvatice prin deşeuri.

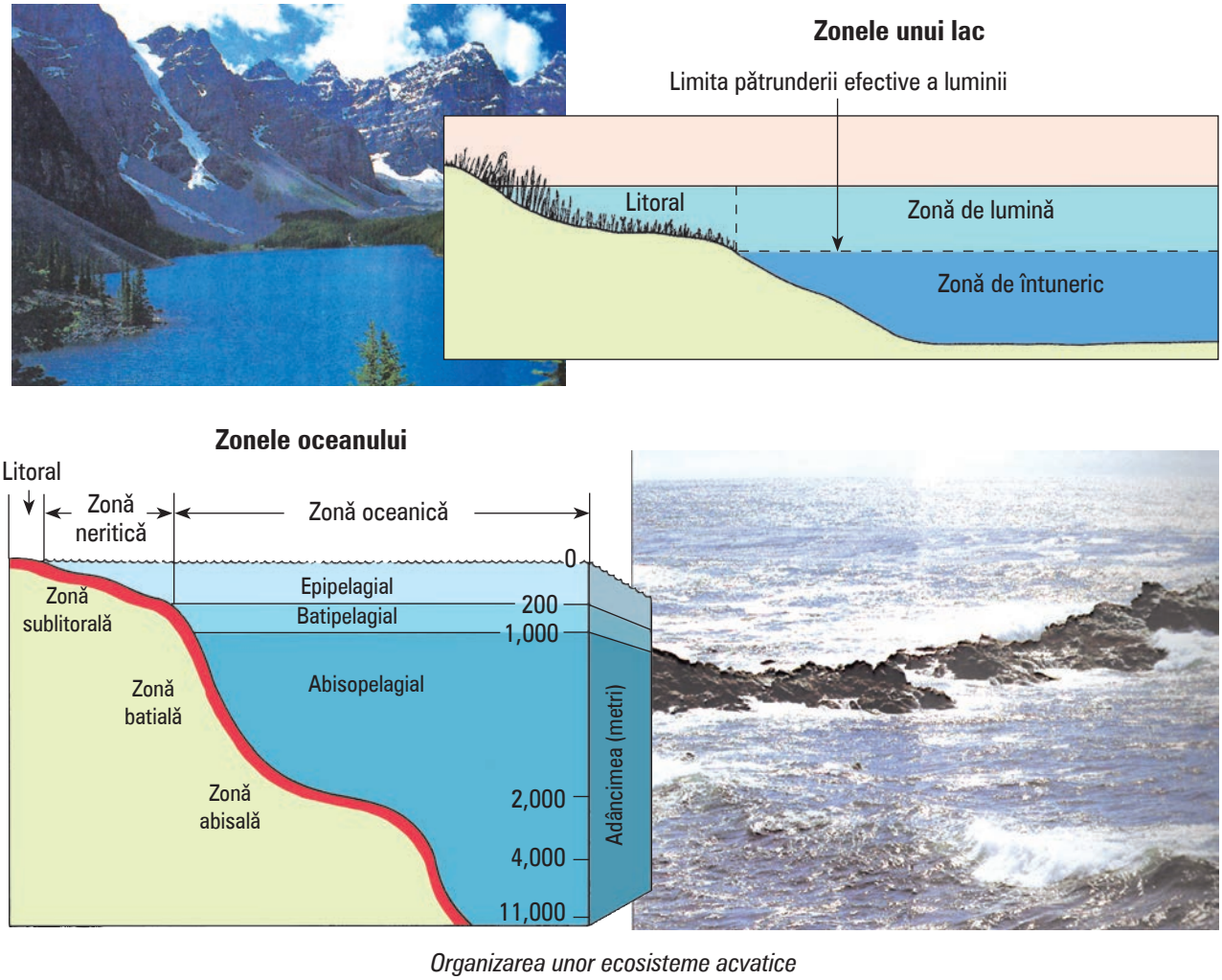
Asupra organismelor vii care trăiesc în apă pH-ul apei exercită o influenţă deosebită. Salamandrele, broaştele şi alţi amfibieni sunt deosebit de sensibili la sporirea pH-ului. Majoritatea insectelor, amfibienilor şi peştilor nu se dezvoltă în bazinele acvatice cu un pH mai mic de 4.

- **Concentraţia particulelor suspendate şi transparenţa apei**

Transparenţa apei scade odată cu mărirea concentraţiei de substanţe ce o colorează, a particulelor suspendate şi a densităţii algelor. Ea depinde şi de prezenţa diferitor bacterii, a fitoplanctonului şi a altor organisme, a substanţelor chimice spălate din sol, a resturilor vegetale supuse descompunerii.

Transparenţa apei în condiţii naturale, de regulă, este de la 1 metru până la câţiva metri. Transparenţa redusă a apei (mai puţin de 1 metru) este determinată de prezenţa unei înalte activităţi biologice în bazin, precum şi de concentraţia sporită a particulelor solide suspendate. În apele foarte curate (de exemplu, în apropierea recifelor de coralieri) transparenţa poate să atingă 30–40 de metri.

În linii generale, în cadrul acestor ecosisteme se pot distinge stratul de apă (**pelagiu)** şi fundul bazinului (**bental**).




*Organizarea unor ecosisteme acvatice*

**Pelagiul** se divizează în straturi verticale:
– epipelagial – stratul de apă cu o adâncime de până la 200 m;
– batipelagial – stratul de apă semiobscur (lipsit de plante verzi);
– abisopelagial – stratul întunecos de apă (lipsit de plante verzi).

**Bentalul** se divizează în:
– litoral – marginea malului inundată în timpul fluxului;
– zona sublitorală – regiunea coborârii uscatului până la o adâncime de 200 m (în ecosistemele marine);
– zona batială – regiunea pantelor abrupte;
– zona abisală – regiunea lojei bazinului.

Ecosistemele acvatice se pot diviza în ecosisteme acvatice marine şi ecosisteme acvatice interioare (lacurile, fluviile, estuarele fluviilor). Aceste ecosisteme posedă o organizare specifică.

Biomasa acestor ecosisteme este determinată de stratul superficial de apă în care se realizează fotosinteza cu ajutorul fitoplanctonului. Producţia primară netă a unor ecosisteme acvatice este prezentată în tabelul următor.

**Producţia primară netă în unele ecosisteme acvatice**

| Ecosisteme marine | Substanţă uscată, g/m² | Ecosisteme acvatice interioare | Substanţă uscată, g/m² |
|---|---|---|---|
| Recife de coralieri, Hawaii | 70,4 | Fluvii şi lacuri (în medie) | 3,01 |
| Ape adiacente cu recife de coralieri | 0,127–0,22 | Lacul Ciad, Sahara | 4,62 |
| Ape litorale, Marea Nordului | 0,33–4,4 | Lacul Marion, Canada | 0,05 |
| Pelagial, Marea Mediterană | 0,132–0,11 | Lac oligotrof, Belarus | 0,22–0,66 |

În ecosistemele acvatice marine diversitatea organismelor este limitată de anumiţi factori: temperatură, salinitate, compoziţia sărurilor minerale, presiune, lumină (pentru plante). Diferite organisme au un grad diferit de adaptabilitate la variaţia acestor factori.

În ecosistemele acvatice interioare, în calitate de factori limitatori pot servi: temperatura aerului, temperatura apei, viteza curenţilor de apă, concentraţia de oxigen, dioxid de carbon şi săruri, presiunea osmotică. Majoritatea organismelor (în special plantele) sunt concentrate în regiunea litoralului.

Ecosistemele acvatice interioare cu apă curgătoare se caracterizează printr-o serie de particularităţi:
- curenţii de apă reglează şi limitează răspândirea anumitor organisme;
- datorită adâncimii mici, se asigură un schimb permanent de substanţe între pelagiu şi bental;
- în lipsa surselor de poluare, apa, de regulă, este bine oxigenată.

În fucţie de caracteristicile mediului de viaţă (apa), ecosistemele acvatice se diferenţiază în ecosisteme de ape stătătoare (*ecosisteme lentice*) şi ecosisteme de ape curgătoare (*ecosisteme lotice*).

În cadrul fiecărui ecosistem acvatic se stabilesc diverse relaţii trofice între organisme.

1 • **Enumeră particularităţile ecosistemului acvatic.**

2 • **Prezintă grafic stratificarea verticală a bazinului acvatic.**

3 • **Desenează în caiet schema unui ecosistem acvatic din localitate şi indică pentru fiecare regiune a ecosistemului reprezentanţii producătorilor şi consumatorilor.**

**4** • **Citeşte afirmaţiile de mai jos, constituite din două parţi, ambele adevărate.**
• **Încercuieşte** DA, **dacă partea a doua explică prima parte, şi** NU, **dacă partea a doua nu o explică.**
• **Scrie afirmaţia corectă. (Se realizează în caiet.)**

**A** DA NU În ecosistemele acvatice diversitatea animalelor este limitată, deoarece ele ocupă circa 70 % din suprafaţa Terrei.

**B** DA NU Majoritatea absolută a plantelor sunt concentrate în epipelagial, deoarece la suprafaţa bazinelor acvatice apa este mai caldă.

**5** • **Completează în caiet schema de mai jos.**

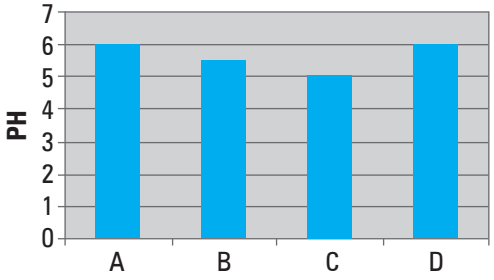
**Deosebiri**

**Criterii**

**Organizarea ecosistemului acvatic marin** — **Organizarea ecosistemului acvatic interior**

**6** • **Analizează graficul propus şi răspunde la întrebările date.**

Multe specii de peşti nu pot trăi în apa cu pH-ul mai mic de 3. Graficul de mai jos indică efectul acidităţii asupra supravieţuirii unor specii de peşti de apă dulce.




Legendă:
A – păstrăv-curcubeu;
B – păstrăv de munte;
C – păstrăv-fântânel;
D – biban cu gura mică.

- Care este nivelul limită al pH-ului în care păstrăvul de munte poate trăi?
- Ce specie de peşte (păstrăvul-curcubeu sau păstrăvul-fântânel) poate supravieţui mai bine în apa acidă? (Argumentează răspunsul printr-o propoziţie.)
- Care specie tolerează cel mai mult condiţiile acide?
- Icrele multor specii de peşti sunt mai sensibile la pH-ul scăzut decât formele adulte. Ce efect poate avea acest fapt asupra populaţiilor de peşti de apă dulce? (Argumentează răspunsul în 2–3 propoziţii.)

**7** • **Prezintă 4–5 reguli de întreţinere a ariei acvative în baza informaţiei din codul de bare *QR 4.7.1*.**

*QR 4.7.1*

**8** • **Argumentează adaptările necesare pentru supravieţuirea unui peşte de mare care a fost transferat într-un bazin cu apă dulce.**

**9** • **Elaborează un plan de acţiuni în dezvoltarea unei afaceri bazate pe creşterea anumitor specii de peşti.**

*QR 4.7.2*

**10** • **Estimează consecinţele posibile ale construcţiei unui baraj hidroelectric pe râul Nistru. Utilizează informaţia din codul de bare *QR 4.7.2*.**

# 4.8 Ecosisteme artificiale. Agroecosisteme

Modul de viaţă sedentar al omului, domesticirea animalelor, necesitatea lucrării solului pentru culturile agricole au determinat substituirea ecosistemelor naturale, care se caracterizau printr-o capacitate de autoreglare sporită, cu ecosistemele artificiale (agroecosisteme). În prezent, terenurile cultivate de om ocupă circa 30 % din suprafaţa uscatului. Ele satisfac necesităţile oamenilor în privinţa alimentaţiei.

Agroecosistemele (lanurile de cereale, livezile, ogoarele, serele etc.) sunt create şi menţinute de om. Aceste ecosisteme se caracterizează printr-un şir de particularităţi, şi anume:

1. **Omogenitatea sporită**

Pe terenurile agricole sunt cultivate puţine specii (soiuri) de organisme (una sau cel mult două). Aceasta se explică prin faptul că omul intenţionează să obţină o roadă cât mai mare. Cultivarea anumitor soiuri permite valorificarea diferitor măsuri agrotehnice. În consecinţă, se reduce la maxim diversitatea de animale şi microorganisme din aceste ecosisteme, deoarece ele nu se pot acomoda la o asemenea specializare îngustă.

2. **Capacitatea de autoreglare scăzută**

Din cauza numărului redus de specii, a relaţiilor trofice relativ simple, a intervenţiei permanente a omului, agroecosistemele nu-şi pot menţine cu forţele proprii starea de echilibru dinamic. În aceste ecosisteme se poate depista destul de frecvent reproducerea în masă a dăunătorilor şi a diferitor boli (epizootii). Reproducerea în masă a ciupercilor patogene sau a insectelor dăunătoare (lăcustele, gândacul-de-Colorado) poate provoca distrugerea unei cantităţi esenţiale de roadă (până la pierderea ei totală).

3. **Intervenţia activă a omului**

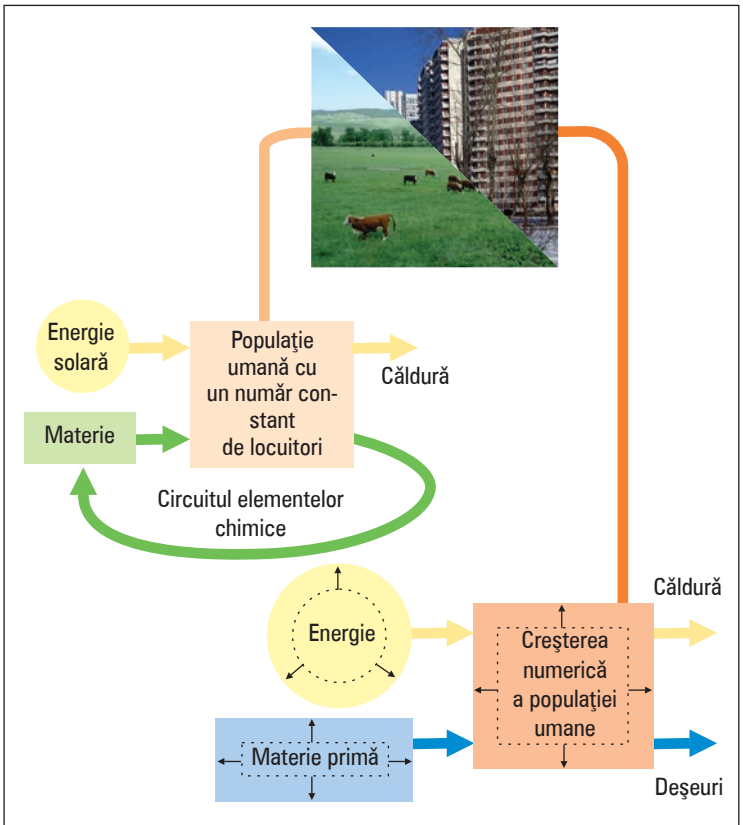
În vederea supravieţuirii plantelor cultivate în condiţiile mediului de trai, omul este nevoit să intervină permanent prin lucrarea mecanică a terenurilor agricole, tratarea plantelor cu pesticide, utilizarea metodelor biologice de combatere a dăunătorilor, îngrăşarea şi irigarea solului. Aşadar, aceste ecosisteme, pe lângă energia solară, mai primesc o energie suplimentară ce se datorează activităţii omului, care le ajută să supravieţuiască.

4. **Simplitatea relativă a lanţurilor trofice**

Numărul de specii în agroecosisteme este redus, de aceea ele nu posedă reţele trofice complexe. Totuşi, în aceste sisteme se instalează un lanţ trofic alcătuit din trei verigi: planta cultivată, dăunătorul şi paraziţii dăunătorului.

5. **Selecţia naturală**

Deşi agroecosistemele sunt create de om, care intervine permanent în activitatea lor, nu se exclude acţiunea paralelă a factorilor naturali (temperatura, umiditatea etc.), ce sunt dirijaţi de selecţia naturală. Astfel, ecosistemul continuă să se dezvolte conform legilor naturii.



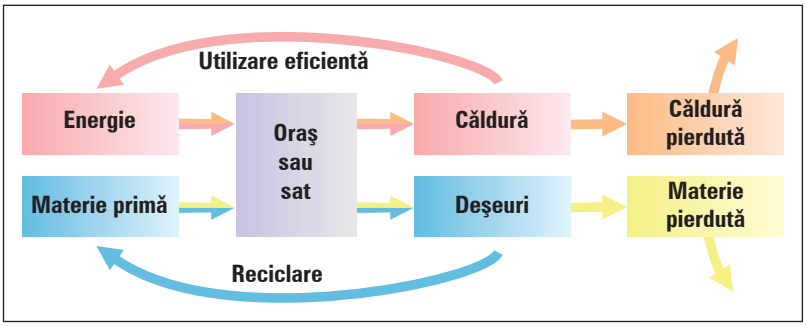

*Particularităţile unui ecosistem artificial*

Strategia principală în crearea şi valorificarea ecosistemelor artificiale constă în asigurarea dezvoltării unei agriculturi durabile (vezi schema). Exploatând agroecosistemele, se urmăreşte obţinerea unor recolte mari. Dar nu trebuie neglijată protecţia ecosistemelor naturale şi, implicit, conservarea biodiversităţii naturale. Exploatarea ecosistemelor naturale de către om nu trebuie să influenţeze capacitatea lor de autoreglare, iar agroecosistemele trebuie să fie variate, pentru a exclude formarea deşerturilor, solurilor saline sau acide, eroziunea solului etc.

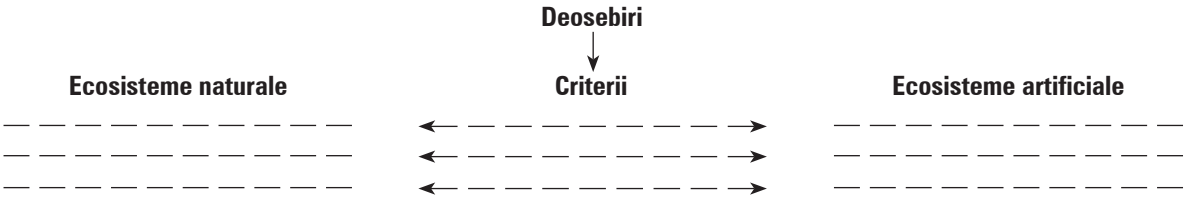
**1** • **Descrie particularităţile agrocenozelor.**

**2** • **Scrie un enunţ despre ecosistemele artificiale, folosind îmbinările de cuvinte corecte din cele propuse:**
**a)** conţin un număr mic de specii – conţin un număr mare de specii;
**b)** capacitatea de autoreglare este mică – capacitatea de autoreglare este mare;
**c)** reţelele trofice sunt simple – reţelele trofice sunt complexe.

**3** • **Elaborează o schemă, pe baza celei alăturate, care să ilustreze un exemplu concret.**




**4** • **Completează în caiet schema de mai jos.**




**5** • **Exclude intrusul şi explică printr-o frază de ce l-ai exclus.**

**a** pădure de foioase, râu, rezervaţie naturală, deşert, stepă

**b** lac, râu, estuarul râului, mare

**c** livadă, podgorie, rezervaţie naturală, iaz, lan de grâu

**6** • **Selectează verigile trofice din agroecosistemul prezentat în codul de bare *QR 4.8.1*.**

**7** • **Alcătuieşte un rebus care să conţină exemple de agrocenoză.**

**8** • **Prezintă avantajele şi dezavantajele unui agroecosistem din localitate.**

**9** • **Propune un proiect de dezvoltare a agriculturii ecologice în localitatea ta şi sursele de finanţare ale acestuia.**

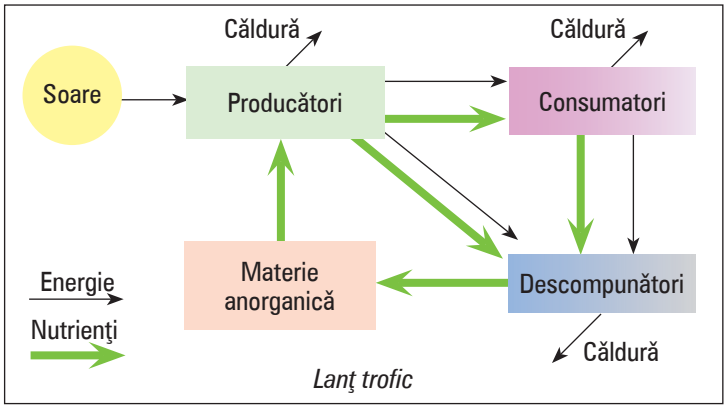
*QR 4.8.1*

**10** • **Estimează consecinţele pozitive şi negative ale irigării asupra ecosistemelor artificiale în sudul Moldovei şi prezintă 2–3 concluzii generale.**

# 4.9 Relaţii trofice şi piramide ecologice

Pentru a înţelege cum funcţionează ecosistemele naturale şi artificiale, este necesar să determinăm ansamblul de relaţii trofice dintre speciile acestor ecosisteme. Deoarece unele specii sunt producătoare, iar altele – consumatoare, unele animale sunt erbivore, iar altele – carnivore, între diferite specii se instalează anumite relaţii alimentare. Aceste relaţii se numesc **relaţii (lanţuri) trofice** (din gr. *trophos* – nutriţie).

Fiecare lanţ trofic este compus din diferite plante şi animale, care reprezintă verigile lui. Numărul verigilor într-un lanţ trofic este redus, ceea ce nu permite specializarea îngustă a organismelor şi expunerea biocenozelor unui pericol. Eliminarea unei anumite verigi din lanţul trofic nu trebuie să deregleze echilibrul dinamic în cadrul ecosistemului. Cu timpul, această verigă este substituită de alte specii. Numărul verigilor este limitat şi de cantitatea de substanţă şi energie asigurată de producător.



*Lanţ trofic*

Lanţurile trofice sunt formate din cel puţin trei verigi: producător – consumator primar (fitofag) – consumator secundar (zoofag).

De fiecare dată, un lanţ trofic este iniţiat, de regulă, de una sau de mai multe specii de plante fotosintetizante, care asigură producţia de biomasă şi energie pentru consumatorii ecosistemului.

Prin intermediul unor verigi se pot intersecta diferite lanţuri trofice.

Dacă generalizăm, există patru tipuri principale de lanţuri trofice caracteristice biosferei.

1. **Lanţuri trofice erbivore**. Aceste lanţuri trofice se bazează pe utilizarea ţesuturilor vegetale vii şi sunt compuse din trei verigi principale: plantă, animal erbivor şi animal zoofag. În cadrul lanţurilor trofice erbivore creşte, de regulă, masa animalelor erbivore. În unele cazuri, aceasta determină numărul mic de verigi trofice (de exemplu, lanţul trofic ce se finalizează cu elefantul).

În funcţie de tipul de hrană utilizată, lanţurile trofice erbivore pot fi clasificate în:

1.1. *lanţuri trofice granivore* – se caracterizează prin consumul seminţelor de către diferite animale (mamifere, păsări etc.);

1.2. *lanţuri trofice nectarivore* – în aceste lanţuri, numeroase insecte, unele păsări şi mamifere consumă nectarul florilor;

1.3. *lanţuri trofice briovore* – se consumă briofite sau licheni în zonele sărace în altă vegetaţie;

1.4. *lanţuri trofice micetofage* – unele animale (rozătoarele, numeroase artropode) consumă ciuperci.

2. **Lanţuri trofice detritivore.** Aceste lanţuri sunt alcătuite dintr-un detritofag (organism ce se hrăneşte cu resturi de organisme în putrefacţie) şi una sau mai multe specii de zoofagi. Ele sunt caracteristice solului, frunzişului, fluviilor.

3. **Lanţuri trofice bacterivore.** În unele cazuri, lanţurile trofice în care se consumă bacterii sunt independente de lanţurile detritivore. La baza lanţului trofic bacterivor se află bacteriile chemosintetizante, care produc biomasă şi energie pentru verigile ulterioare. Aceste lanţuri sunt caracteristice gropilor oceanice (bacterii – pogonofore – moluşte – crabi).

4. **Lanţuri trofice parazitice.** Aceste lanţuri trofice sunt formate dintr-un număr redus de verigi. Pe contul unei specii (gazdă) există una sau mai multe specii parazite. În acest caz, dimensiunile speciilor în lanţul trofic scad (cartoful – mana cartofului; porumbul – tăciunele; bacteriile – bacteriofagii etc.).

În unele cazuri, veriga inițială a unui lanț trofic poate fi reprezentată de un organism heterotrof (animal). De exemplu, plantele prădătoare de nematode sau plantele insectivore pot forma asemenea lanțuri trofice specializate, unde materia și energia circulă de la animale spre plante.

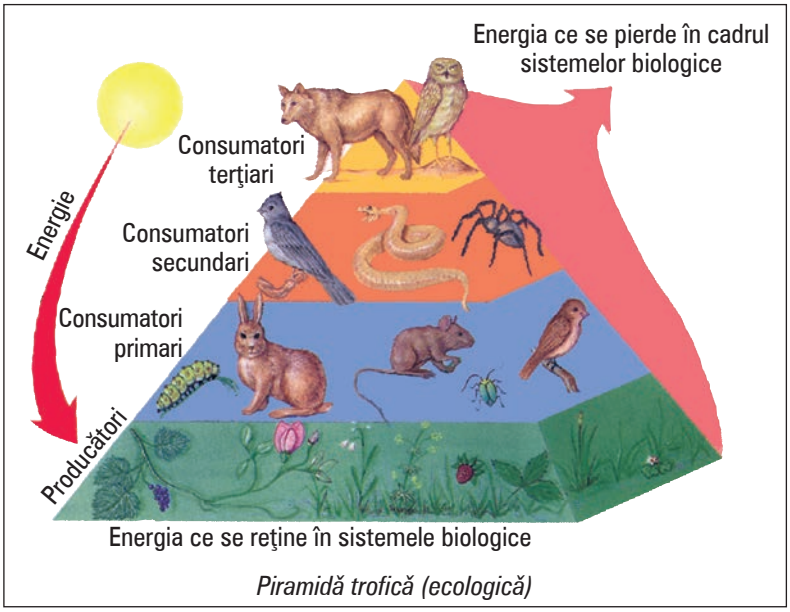
Structura trofică a biocenozei a fost comparată de Ch. Elton (1927) cu o piramidă, treptele ei reprezentând nivelurile trofice. El a numit-o **piramidă trofică,** sau **piramidă ecologică**.

În cadrul piramidelor trofice, cantitatea de materie și energie scade de la bază spre vârf. În funcție de criteriul analizat, se pot deosebi anumite tipuri de piramide trofice.

1. **Piramidă trofică numerică** – reflectă ponderea numerică descrescândă de la consumatorii primari spre cei terțiari.

2. **Piramidă trofică a biomasei** – reflectă ponderea biomasei descrescânde de la producători spre consumatori.

3. **Piramidă trofică energetică** – reflectă ponderea energiei descrescânde de la producători spre consumatori.

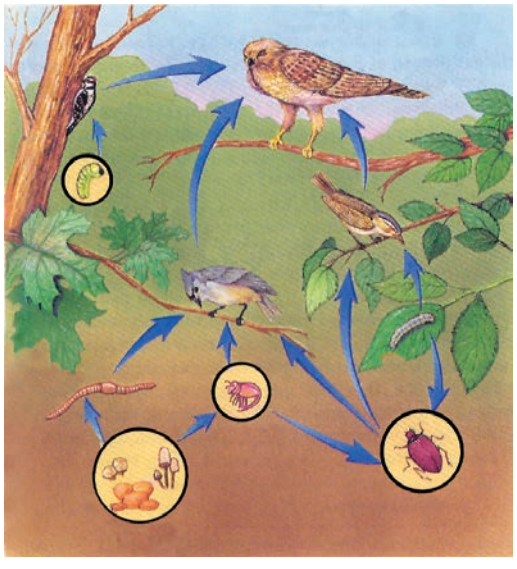


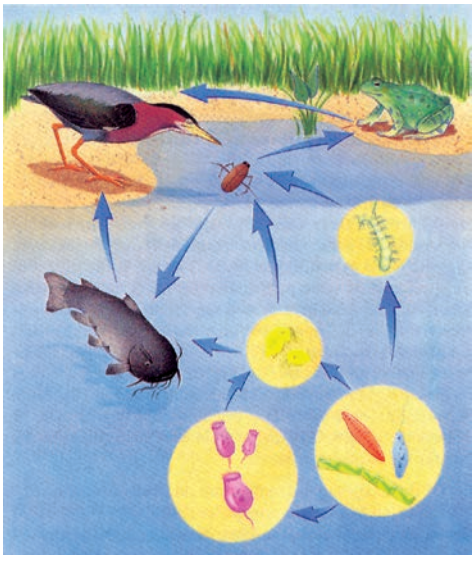
*Piramidă trofică (ecologică)*

R. Lindeman (1942) a sesizat că din totalitatea de energie ce pătrunde într-un anumit nivel trofic dintr-o biocenoză doar o cantitate foarte mică este transmisă organismelor situate pe nivelurile trofice superioare. Cantitatea de energie disponibilă pentru fiecare nivel trofic variază între 10 și 20 %.

Sistemele de lanțuri trofice interconectate formează o **rețea trofică**.

În cadrul unei rețele trofice, un organism își poate obține hrana de la mai multe niveluri trofice. De exemplu, scoica de lac poate utiliza ca sursă de hrană atât producătorii primari dintr-un lanț trofic (algele), cât și consumatorii primari din alt lanț trofic (protozoarele).


*Rețeaua trofică într-o pădure de foioase*


*Rețeaua trofică într-un bazin de apă dulce*

De regulă, în reţeaua trofică nu sunt incluşi descompunătorii, deşi ei exercită o acţiune semnificativă asupra circuitului materiei şi energiei.

Stabilitatea reţelei trofice depinde de numărul de lanţuri trofice şi de interdependenţa lor. Ecosistemele naturale (pădurile, lacurile) se caracterizează printr-o stabilitate sporită, deoarece în cadrul lor există condiţii optime de dezvoltare.

Ecosistemele artificiale conţin un număr redus de lanţuri trofice, de aceea ele sunt mai puţin stabile. Capacitatea lor de autoreglare este mult mai redusă. Există riscuri de infecţii în masă şi pierderea recoltei. În aceste condiţii intervenţia omului este absolut necesară.

**1** • **Scrie definiţia noţiunii de *relaţii trofice*.**

**2** • **Enumeră principalele tipuri de lanţuri trofice şi indică esenţa fiecărui tip de lanţ, prezentând informaţia într-o schemă structurată logic.**

**3** • **Selectează variantele cu răspunsuri corecte.**

**A** *Piramida ecologică indică:*
– numărul de indivizi la fiecare nivel trofic;
– sporirea fluxului de energie în lanţul trofic;
– micşorarea fluxului de energie în lanţul trofic;
– micşorarea numărului de indivizi în lanţul trofic;
– sporirea numărului de indivizi în lanţul trofic.

**B** *Care este esenţa regulii piramidei ecologice?*
– masa producătorilor este de 10 ori mai mică decât masa consumatorilor;
– fiecare verigă trofică are o masă de 10 ori mai mică decât cea precedentă;
– cantitatea biomasei în ecosistem este de 10 ori mai mare decât masa animalelor erbivore.

**4** • **Identifică greşelile comise în textul propus:**

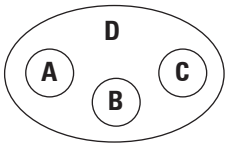
La baza existenţei ecosistemelor naturale se află lanţurile trofice, alcătuite din anumite verigi trofice. Cu cât este mai mare numărul de verigi trofice într-un lanţ trofic, cu atât acesta este mai stabil. În lanţurile trofice erbivore numărul de verigi este mai mare. Cantitatea de energie nu variază de la o verigă la alta.

• **Explică în caiet, printr-o propoziţie, fiecare greşeală evidenţiată.**

**5** • **Prezintă în caiet organizarea unei reţele trofice a ecosistemului reflectat în codul de bare *QR 4.9.1* şi enumeră 2–3 particularităţi.**

**6** • **Explică în 3–5 propoziţii de ce în lanţurile trofice din ecosistemele naturale terestre, de regulă, biomasa scade de la o verigă la alta?**

*QR 4.9.1*




**7** • **Prezintă un poster în care să descrii reţelele trofice ale unui parc din apropierea localităţii tale.**

**8** • **Scrie cel puţin trei noţiuni care ar reflecta tipul respectiv de corelaţie demonstrat prin cercurile Eyler alăturate.**

**9** • **Propune 4–5 recomandări pentru buna funcţionare a unei agrocenoze, specificând tipul acesteia.**

**10** • **Argumentează 3–4 consecinţe posibile ale lipsei consumatorilor primari într-un ecosistem natural, utilizând metoda SWOT.**

# Echilibrul dinamic în cadrul ecosistemului

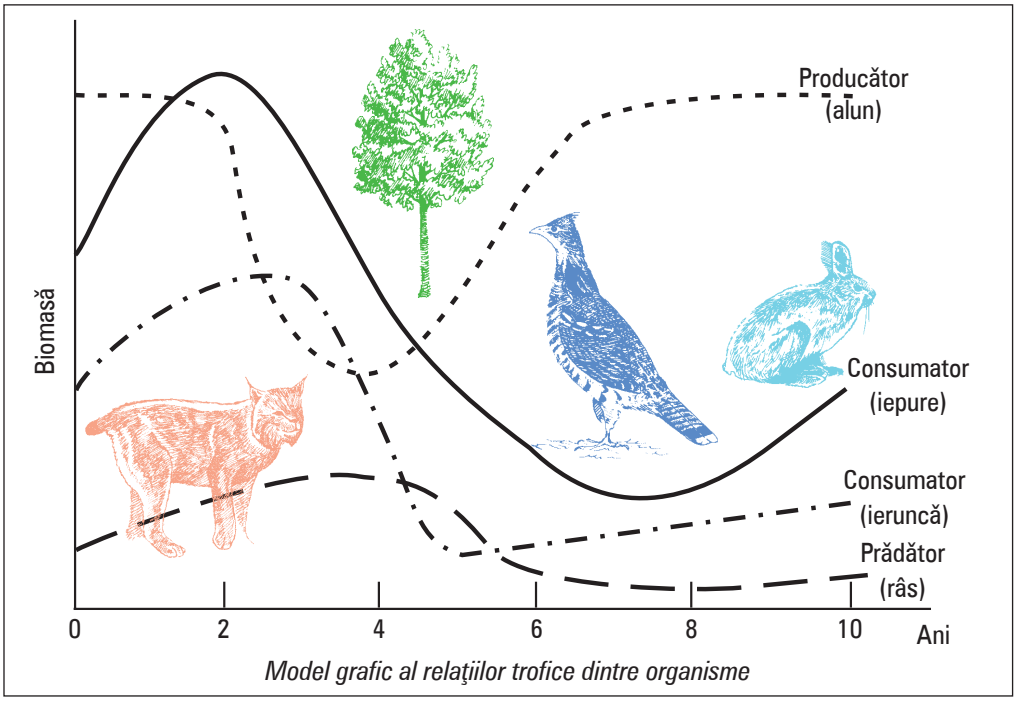


Mediul cuprinde o diversitate mare de comunităţi de plante şi animale, care interacţionează între ele. Această diversitate este supusă acţiunii factorilor de mediu şi influenţează locul de trai.

În cadrul ecosistemului se realizează conservarea, gestionarea şi exploatarea resurselor proprii – fenomene care asigură menţinerea echilibrului dinamic în ecosistem.

Ecosistemele realizează un permanent schimb de materie şi energie cu mediul înconjurător – însuşire obligatorie a fiecărui sistem biologic. Datorită fluxului permanent de materie şi energie, ecosistemele se reînnoiesc cu regularitate, îşi compensează pierderile şi limitează creşterea entropiei. Principalii parametri vitali ai ecosistemului sunt menţinuţi în jurul unor valori medii, asigurând starea de **echilibru dinamic**.

Starea de echilibru dinamic se datorează proprietăţii de **autoreglare** a ecosistemului. Înlăturarea sau compensarea dereglărilor din ecosistem este asigurată prin intermediul **conexiunii inverse** (*feedback*).




*Model grafic al relaţiilor trofice dintre organisme*

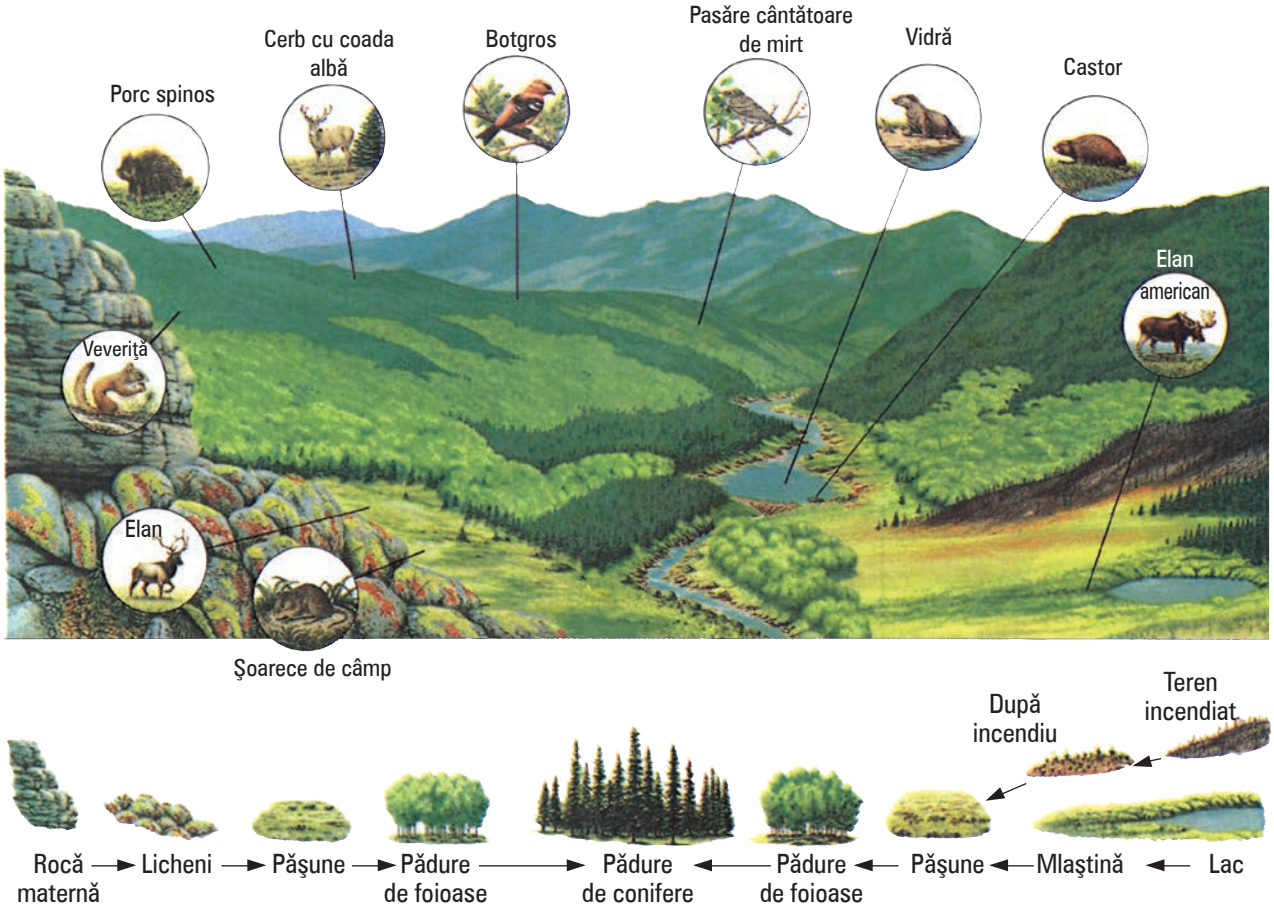
Mărimea populaţiilor în cadrul unui ecosistem este relativ constantă pe o perioadă îndelungată de timp. Un rol esenţial în acest proces le revine relaţiilor trofice dintre specii. Limitele numerice maxime şi minime ale speciilor alternează într-o succesiune periodică, fiecare dintre ele având rol de „tampon" în înmulţirea celorlalte specii.

Înmulţirea speciei în calitate de hrană determină înmulţirea speciei consumatoare. În consecinţă, consumul hranei depăşeşte înmulţirea speciei-hrană, care îşi reduce considerabil numărul, şi, respectiv, a răpitorului, apoi hrana începe iarăşi să crească.

În cadrul unui ecosistem natural, aceste relaţii, care asigură echilibrul dinamic, sunt mult mai complexe. Cu cât biocenoza este mai complexă, cu atât ea este mai stabilă şi invers, cu cât ea este mai simplă, cu atât stabilitatea acestui ecosistem este mai mică.

Acest fenomen se explică prin faptul că, într-un ecosistem complex, fiecare specie este supusă unui control multiplu din partea unui număr relativ mare de specii. Diversitatea speciilor asigură, în cele din urmă, stabilitatea biocenozei în caz de eliminare a uneia sau altei specii.

În condiţii naturale, într-un anumit teritoriu, seriile de biocenoze se succed, începând cu stadiile iniţiale de colonizare până la atingerea unei comunităţi mature. Acest fenomen se numeşte **succesiune**. Natura succesiunilor poate fi determinată de un şir de factori, printre care condiţiile climatice, natura organismelor, modificările determinate de activitatea organismelor etc.




*Etapele succesiunii într-o pădure de conifere şi animalele caracteristice*

Cu timpul, ecosistemele naturale ating starea de **climax**, ce se caracterizează printr-o capacitate sporită de autoreglare şi menţinere a echilibrului dinamic.

Particularităţile ecosistemelor în cadrul succesiunilor şi climaxului sunt prezentate în tabelul din p. 153.

Capacitatea de autoreglare şi menţinerea unui echilibru dinamic în cadrul ecosistemului natural s-a perfecţionat pe parcursul a mii şi milioane de ani. Speciile care nu se încadrau în acest ecosistem perturbau starea de echilibru, erau eliminate sau substituite cu altele. De aceea, intervenţia omului în ecosistemele naturale trebuie să fie foarte chibzuită. De foarte multe ori, această intervenţie (explorarea resurselor naturale, introducerea unor noi specii etc.) generează dereglări grave şi pune în pericol aceste ecosisteme, cauzând destabilizarea echilibrului lor.

În California, distrugerea coiotului a cauzat înmulţirea exagerată a şobolanilor şi a iepurilor. În Norvegia au fost distruse păsările răpitoare care vânau prepeliţele. Drept urmare, numărul prepeliţelor la început a crescut brusc, iar apoi a scăzut sub nivelul iniţial, din cauza extinderii parazitozelor. În China, distrugerea în masă a vrăbiilor a provocat dezvoltarea rapidă a dăunătorilor culturilor agricole, care au adus pagube cu mult mai semnificative decât vrăbiile.

**Variaţia indicilor ecosistemului în cadrul succesiunilor şi climaxului. Utilizarea microorganismelor**

| Caracteristicile ecosistemului | Succesiune | Climax |
|---|---|---|
| *Structura energetică* | | |
| 1. producţia primară netă | sporită | redusă |
| 2. productivitatea | sporită | redusă |
| *Structura comunitară* | | |
| 1. materia organică totală | mică | mare |
| 2. diversitatea speciilor | redusă | sporită |
| 3. stratificarea şi eterogenitatea spaţială | redusă | sporită |
| *Ciclurile vitale* | | |
| 1. specializarea nişelor ecologice | mare | mică |
| 2. ciclurile vitale | scurte, simple | lungi, complexe |
| *Ciclurile biogeochimice* | | |
| 1. schimbarea nutrienţilor între organisme şi mediul înconjurător | rapidă | lentă |
| 2. rolul detritusului în regenerarea nutrienţilor | nesemnificativ | semnificativ |
| *Homeostazia* | | |
| 1. simbioza internă | nedezvoltată | dezvoltată |
| 2. stabilitatea la perturbări externe | mică | mare |
| 3. entropia | sporită | redusă |
| 4. informaţia | redusă | sporită |

Introducerea unor noi specii în biocenozele deja constituite are, de regulă, consecinţe negative. Drept exemplu poate servi introducerea, în Australia, a iepurelui de vizuină din Europa. Populaţia iniţială (circa 24 de iepuri), lăsată în libertate în anul 1859, s-a înmulţit foarte repede, devenind concurenţi periculoşi pentru oi, distrugându-le păşunile. Eforturile depuse ulterior (introducerea vulpilor din Europa, introducerea unei viroze a iepurelui [mixomatoza] etc.) au permis, într-o oarecare măsură, restabilirea stării de echilibru în acest ecosistem.

În concluzie, e nevoie de multă prudenţă în intervenţiile omului la organizarea ecosistemelor naturale.

**1** • **Completează spaţiul din textul de mai jos cu informaţia corespunzătoare. (Se realizează în caiet.)**

Datorită fluxului permanent de materie şi energie, ecosistemele se _____ cu regularitate, menţinând starea de _____. Starea de _____ se datorează proprietăţii de _____ a ecosistemului. Aceasta se realizează prin intermediul _____.

**2** • **Corelează tipurile de succesiuni din coloana *A* cu exemplele din coloana *B*.**

**A**

1. succesiune primară
2. succesiune autogenă
3. succesiune climatică
4. succesiune zoogenă

**B**

a) înmulţirea plantelor ce contribuie la modificarea microclimatului, a solului şi la dispariţia unor specii şi apariţia altora;
b) vegetaţia dezvoltată pe lava răcită a unui vulcan;
c) substituirea stejarului cu carpenul în urma distrugerii în masă a ghindei de către şoarecii de pădure;
d) mlaştina formată în urma inundării unei pajişti de apele râului;
e) ecosistemul apărut datorită arderii unei păduri tropicale.

**3** • **Dă un exemplu de autoreglare a unui ecosistem concret prin intermediul conexiunii inverse.**

**4** • **Explică de ce în ecosistemele artificiale capacitatea de autoreglare este mai mică decât în cele naturale şi prezintă un rezumat (1500 de semne).**

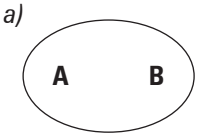
**5** • **Construieşte un tabel în care să prezinţi variaţia indicilor unui ecosistem din localitatea ta.**

**6** • **Estimează 3–4 consecinţe ale dezvoltării oieritului pe păşunile din localitate.**

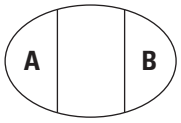
**7** • **Prezintă în cercurile Eyler tipurile de relaţii dintre perechile de noţiuni:**
ecosistem–echilibru; materie–energie; autoreglare–feedback; livadă–vie; ecosistem natural–ecosistem artificial; succesiune–climax; productivitate–biomasă; autoreglare–echilibru dinamic.

**8** • **Scrie în caiet câte două exemple care reflectă următoarele tipuri de corelaţii prezentate prin cercurile Eyler.**

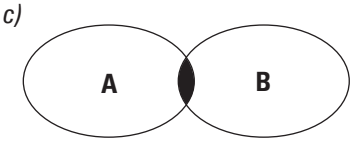
*a)*




*b)*




*c)*




**9** • **Descrie 3–5 consecinţe ale inundaţiilor asupra ecosistemelor naturale şi prezintă răspunsul într-o schemă „Cartografia”.**

**10** • **Evaluează consecinţele funcţionării barajelor energetice asupra ecosistemului acvatic al râului, consultând informaţia din codul de bare *QR 4.10.1*.**

*QR 4.10.1*

# Poluarea ecosistemului terestru-aerian şi protecţia lui

Protecţia mediului înconjurător a devenit o problemă stringentă a timpurilor noastre. Omenirea consumă o energie potenţială a biosferei cu o viteză de circa 10 ori mai mare decât ea este acumulată de organismele vii pe contul energiei solare. Anual, se extrag peste 7 miliarde de tone de metale, cărbune, petrol, iar în condiţii naturale sunt evacuate, din litosfera Terrei, circa 70 de miliarde de tone de diferite roci.

În acelaşi timp, prin activitatea sa, omul produce diferite substanţe care sunt greu degradate de organismele vii, modifică unele circuite care devin deschise, poluează mediul aerian, solurile şi bazinele acvatice, provoacă pieirea a numeroase plante şi animale.

Aerul atmosferic reprezintă un component semnificativ pentru supravieţuirea organismelor mediului terestru-aerian. El poate fi poluat de diferite substanţe, printre care:

1. **Poluanţi naturali** – praful eolian sau vulcanic, gazele vulcanice, razele ultraviolete şi termice, sărurile la evaporarea apelor marine, sporii de ciuperci, polenul, bacteriile etc.

2. **Poluanţi antropogeni** – oxidul de carbon, dioxidul de sulf, oxizii de azot, aldehidele, funinginea etc., obţinute la arderea combustibilului; praful, fumul, substanţele toxice şi iritante etc., degajate de întreprinderile industriale; oxidul de carbon, hidrocarburile, oxizii de azot, dioxidul de sulf, aldehidele etc., eliminate prin ţevile de eşapament ale automobilelor; substanţele radioactive rezultate de la exploziile atomice sau catastrofele centralelor atomice.

Anual, în atmosferă se elimină până la 200 de milioane de tone de oxid şi dioxid de carbon, 150 de milioane de tone de dioxid de sulf, 50 de milioane de tone de oxizi de azot. Aceşti oxizi, în combinare cu vaporii de apă, pot provoca ploi acide, care suprimă dezvoltarea plantelor şi animalelor.

Creşterea concentraţiei de oxid de carbon în aer (peste 2 mg/m$^3$) afectează procesele fiziologice ale organismelor. Aceasta se explică prin faptul că CO posedă o mai mare afinitate faţă de hemoglobină. Astfel, omul simte oboseală, iritabilitate, ameţeală.

Dioxidul de sulf, în concentraţii mari (peste 0,05 mg/m$^3$), provoacă tusea, bronşita, astmul, pneumonia. La plante, excesul acestui poluant provoacă decolorarea frunzelor şi scăderea recoltei.

Dioxidul de azot, în concentraţii mari (peste 0,085 mg/m$^3$), provoacă iritarea ochilor şi a nasului, edemul pulmonar etc. În concentraţii mai mari de 40 mg/m$^3$, $NO_2$ cauzează căderea frunzelor, reducerea creşterii şi dezvoltării plantelor.

Hidrocarburile (metanul, benzopirenul), care se obţin în minele de cărbune, la fermentaţia anaerobă sau în uzinele de prelucrare a petrolului, posedă proprietăţi cancerigene.

Aerul deasupra oraşelor este foarte poluat. De exemplu, aici, cantitatea de praf este de 150 de ori mai mare decât deasupra oceanului. Cele mai poluate oraşe din Moldova sunt: Chişinău, Tiraspol, Bălţi, Râbniţa, Rezina, Tighina ş.a.

În natură s-a stabilit un anumit echilibru dinamic în cadrul proceselor de formare şi degradare a solului. Degradarea solului se poate produce pe diferite căi:

1. **prin eroziune**, cauzată de mişcările eoliene;
2. **prin salinizare**, cauzată de „înflorirea solului", irigare;
3. **prin înmlăştinire**, cauzată de ridicarea apelor subterane, irigare;
4. **prin pierderea terenurilor**, cauzată de construcţia oraşelor, drumurilor, căilor ferate, lacurilor de acumulare etc.;
5. **prin poluare**, cauzată de acumularea unor poluanţi de origine naturală sau antropogenă.

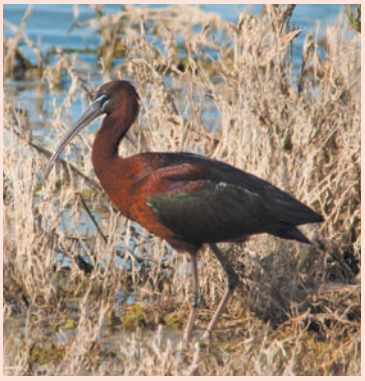
Pentru a menţine starea de echilibru, este necesar să excludem factorii care provoacă degradarea solului. Utilizarea neraţională a îngrăşămintelor minerale, a pesticidelor şi a insecticidelor, deşeurile menajere etc. poluează solul şi, în consecinţă, scad fertilitatea lui, iar pentru formarea unui centimetru de sol fertil sunt necesari circa 100 de ani.

În zonele de silvostepă şi stepă ale Republicii Moldova, majoritatea terenurilor sunt agricole, constituind circa 76,6 % din suprafaţă. Ecosistemele naturale constituie aproximativ 20 % din teritoriu, iar suprafaţa ariilor protejate – circa 1,95 % din suprafaţa ţării. În medie ariile protejate în Europa constituie aproximativ 12 %.

Pentru conservarea biodiversităţii vegetale şi animale sunt create diferite rezervaţii naturale, ştiinţifice şi peisagistice. Pentru protecţia speciilor rare şi pe cale de dispariţie a fost elaborată Cartea Roşie.

Prima ediţie a Cărţii Roşii a apărut în 1976 şi includea 50 de specii de plante şi animale rare şi pe cale de dispariţie. A doua ediţie a apărut în 2001 şi cuprindea deja 126 de specii de plante şi 116 specii de animale pe cale de dispariţie de pe teritoriul ţării noastre. Ultima (a treia) ediţie a fost editată în 2015. Ea include 208 specii de plante şi 219 specii de animale. În această ediţie au apărut capitole noi, în care sunt incluse specii rare de alge şi ciuperci.

*Hrib-arămiu* (Boletus aereus Bull.), *specie vulnerabilă*



*Ţigănuş* (Plegadis falcinellus L.), *specie critic periclitată*

*Fluture-Aglia* (Aglia tau L.), *specie critic periclitată*

Pentru protecţia mediului aerian este necesar: controlul permanent al mediului aerian cu ajutorul aparatelor speciale; stabilirea concentraţiilor maxim admisibile ale factorilor poluanţi; dotarea întreprinderilor cu utilajul necesar pentru prevenirea poluării aerului; reducerea consumului de cărbune şi petrol şi folosirea gazelor naturale şi a electricităţii; construcţia de noi maşini care ar reduce concentraţiile poluanţilor în gazele de eşapament; proiectarea corectă a zonelor industriale; crearea şi amenajarea spaţiilor verzi etc.

**1** • **Enumeră: a) poluanţii aerului atmosferic; b) factorii degradării solului.**

**2** • **Corelează substanţele chimice din coloana *A* cu efectele lor corespunzătoare din coloana *B*.**

**A**

1 – CO
2 – $SO_2$
3 – $NO_2$
4 – Benzopiren

**B**

a – provoacă boli respiratorii
b – irită mucoasele organelor senzoriale
c – provoacă ameţeli, oboseală
d – provoacă maladii canceroase
e – provoacă etiolarea plantelor
f – cauzează căderea frunzelor

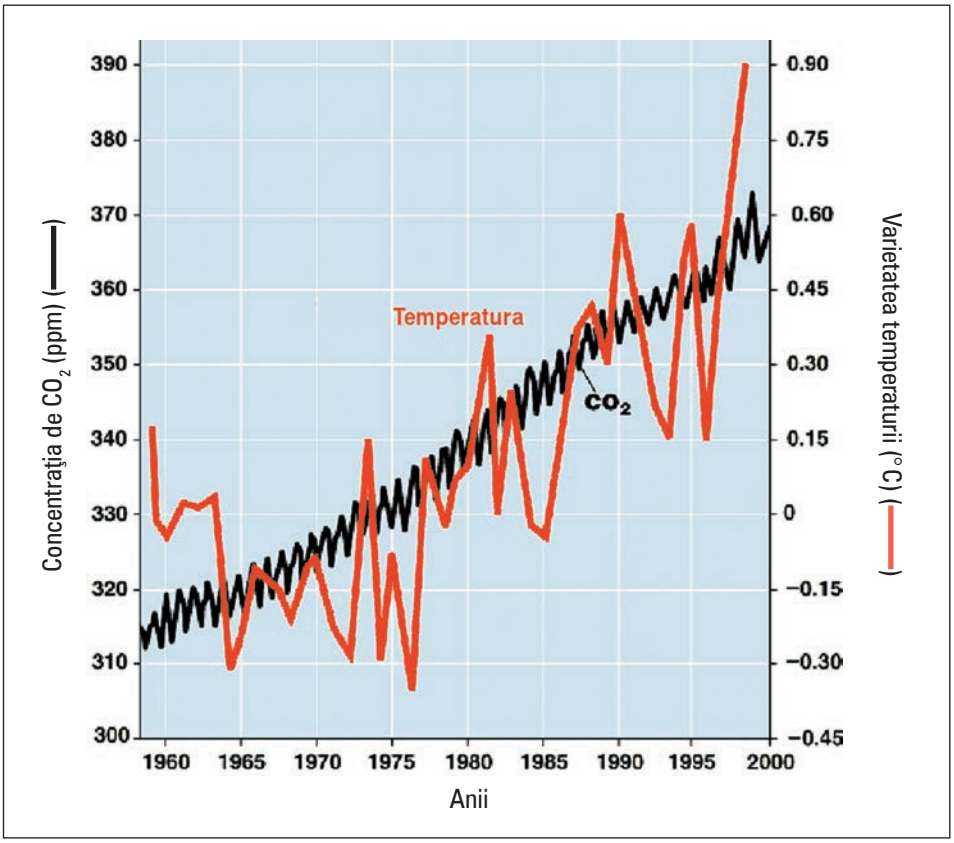
**3** • **Prezintă într-o schemă-păianjen tipurile de poluanţi ai aerului atmosferic din localitatea ta şi exemple de asemenea poluanţi.**

**4** • **Alcătuieşte o hartă morfologică cu factorii poluanţi ai mediului terestru din localitatea ta.**

**5** • **Consultă Cartea Roşie a Republicii Moldova şi întocmeşte o hartă morfologică a speciilor rare şi pe cale de dispariţie din ecosistemele din regiunea în care locuieşti.**

**6** • **Realizează un poster despre ameliorarea solurilor din localitatea ta, evidenţiind:**
**a)** sursele de poluare a solului;
**b)** modalităţile de protecţie a solului.

**7** • **Analizează graficul ce reflectă dependenţa temperaturii de concentraţia de $CO_2$ şi formulează 2–3 concluzii în baza acestei analize.**




**8** • **Argumentează în 3–4 propoziţii necesitatea adoptării deciziei cu referire la arderea frunzelor căzute, expusă în codul de bare *QR 4.11.1*.**

**9** • **În baza materialului reflectat în codul de bare *QR 4.11.2* (capitolul 2.2.4), prezintă 4–5 concluzii pe tema** Schimbările climatice.

*QR 4.11.1*

*QR 4.11.2*

**10** • **Evaluează situaţia din localitate în vederea depistării unei probleme majore de poluare a mediului terestru-aerian şi propune soluţii pentru a contracara acest fenomen.**

## 4.12 Poluarea ecosistemului acvatic şi protecţia lui

Apa este una dintre cele mai răspândite şi mai semnificative substanţe de pe Pământ. Ea asigură existenţa plantelor şi animalelor, determină condiţiile climaterice, formează relieful.

Apa circulă permanent între suprafaţa Pământului şi atmosferă, formându-se astfel *ciclul hidrologic*, sau *circuitul apei în natură*. Ciclul hidrologic reprezintă unul dintre principalele procese din natură. Apa din oceane, râuri, lacuri, sol şi plante se încălzeşte sub acţiunea Soarelui şi a altor surse de căldură şi se evaporă în aer, sub formă de vapori de apă. Vaporii de apă se ridică în straturile superioare ale atmosferei, se răcesc şi se transformă în apă sau gheaţă, formând norii. În momentul în care picăturile de apă sau cristalele de gheaţă devin destul de masive, ele cad pe suprafaţa Pământului sub formă de ploaie sau zăpadă. Ajunsă la suprafaţa Pământului, apa urmează trei căi: parţial se filtrează în sol, unde este absorbită de plante sau acumulată în rezervoarele de apă subterană; parţial se scurge în râuleţe şi râuri şi, în cele din urmă, în oceane; parţial se evaporă în aer.

Cantitatea totală de apă care se evaporă de la suprafaţa pământului pe parcursul unui an se echivalează cu cantitatea anuală de precipitaţii. Dereglarea unei părţi a ciclului hidrologic (de exemplu, dezvoltarea vegetaţiei într-o anumită regiune, recultivarea solurilor) generează modificări în celelalte părţi ale ciclului.

Apa se găseşte pe Pământ din abundenţă, dar cea mai mare parte a ei nu poate fi folosită. Să admitem că 100 de litri constituie cantitatea totală de apă pe Pământ, dintre care 97 de litri revin apei de mare. Cea mai mare parte din apa potabilă rămasă este reprezentată de gheţari. În cele din urmă, putem întrebuinţa doar 3 mililitri din cei 100 de litri de apă: aceasta este apa potabilă obţinută din fântânile arteziene sau din râuri şi lacuri.

Apa participă la diverse reacţii chimice, majoritatea substanţelor fiind solubile în apă. Deoarece reprezintă un bun dizolvant, apa în stare liberă se întâlneşte foarte rar în natură. Apa conţine numeroase impurităţi naturale şi impurităţi de natură antropogenă, care intervin la diferite etape ale ciclului hidrologic. De prezenţa acestor impurităţi depinde compoziţia chimică a apei sau *calitatea* apei. Ploaia şi zăpada capturează particule mici de praf (*aerozoli*), suspendate în aer, iar acţiunea luminii solare determină combinarea apei cu diferite gaze obţinute la arderea benzinei şi a altor tipuri de combustibil mineral, formând acizii sulfuric şi azotic. Aceşti poluanţi se reîntorc pe suprafaţa pământului sub formă de *ploi acide* sau *zăpadă acidă.* Acizii din apă dizolvă treptat rocile dure şi, în consecinţă, în apă ajung *substanţe solide solubile*. Particulele dure şi solul, ajungând în apă, reprezintă *particulele solide suspendate*, care determină tulburarea apei. La pătrunderea în sol, apa contactează cu rocile materne şi, astfel, dizolvă anumite minerale. Impurităţile dizolvate sau suspendate în apă determină calitatea apei.

Gradul de poluare a bazinelor acvatice este determinat, în mare măsură, de avariile întreprinderilor chimice, excesul de îngrăşăminte minerale şi pesticide utilizate în agricultură, naufragiile vaselor ce transportă petrol, deşeurile toxice şi apele menajere.

Folosirea iraţională a apelor (în calitate de apă potabilă, pentru irigare) poate duce la secarea râurilor şi lacurilor. De exemplu, debitul râului Nistru a scăzut cu circa 25 %.

Sursele principale de poluanţi ai bazinelor acvatice sunt:

1. **poluanţii naturali** – generaţi de procesele naturale care se desfăşoară în mediul înconjurător;
   1.1. *poluanţii naturali anorganici* (eroziunea eoliană, eroziunea provocată de apă);
   1.2. *poluanţii naturali organici* (plantele, animalele, microorganismele);

2. **poluanţii antropogeni** – generaţi de activitatea omului;
   2.1. *produsele chimice* (îngrăşăminte minerale, pesticide);
   2.2. *produsele petroliere* (deşeuri ale transportului marin sau terestru care se scurg în apă);
   2.3. *produsele radioactive* (substanţe radioactive);
   2.4. *apele reziduale* (de la complexele animaliere, întreprinderi, case de locuit);
   2.5. *apa termică* (de la centralele electrice şi întreprinderi).

În cazul poluării naturale, bazinele acvatice îşi pierd capacitatea de autoreglare şi se produce „înflorirea" apei. În urma „înfloririi" apei se dezvoltă din abundenţă algele, care contribuie la modificarea culorii bazinului acvatic şi la creşterea temperaturii apei, cauzând scăderea concentraţiei de oxigen şi pieirea în masă a peştilor.

Poluarea antropogenă afectează în mare măsură proprietăţile fizice, chimice şi organoleptice ale apei.

Pentru a proteja bazinele acvatice, este necesar să menţinem indicii ce asigură calitatea apei. Printre aceşti indici pot fi menţionaţi:

- conţinutul de oxigen dizolvat (6 mg/dm$^3$);
- conţinutul de amoniac (0,1 mg/dm$^3$);
- conţinutul de cloruri (200 mg/dm$^3$);
- conţinutul de sulfaţi (200 mg/dm$^3$);
- conţinutul de cupru (0,1 mg/dm$^3$);
- conţinutul de dioxid de carbon (50 mg/dm$^3$) etc.

Protecţia ecosistemelor acvatice necesită:

- purificarea mecanică şi biologică a apelor reziduale;
- excluderea surselor de poluare în urma activităţii omului;
- menţinerea echilibrului dinamic în bazinele acvatice;
- crearea zonelor de protecţie etc.

În Republica Moldova, bazinele acvatice sunt formate de 3085 de râuri (7 cu o lungime de peste 100 km şi 247 cu o lungime de peste 10 km), circa 60 de lacuri, peste 50 de bazine de acumulare, circa 3000 de iazuri şi numeroase fântâni arteziene şi izvoare.

Procesul de poluare a bazinelor acvatice se caracterizează prin înnămolirea râurilor şi lacurilor, creşterea cantităţii de substanţe organice şi, deci, a bacteriilor, impurificarea chimică. În apele ţării noastre ajung anual până la 15 mii de tone de poluanţi organici, peste 13 mii de tone de particule solide suspendate, circa 35 de mii de tone de poluanţi chimici.

Protecţia ecosistemelor acvatice şi terestre-aeriene impune diverse probleme: conservarea şi reproducerea diferitor specii de plante şi animale, reaclimatizarea animalelor sălbatice pe teritoriile lor iniţiale, protecţia solurilor contra spălării şi eroziunii, prevenirea poluării ecosistemelor naturale, crearea rezervaţiilor naturale etc.

Sarcina principală în cadrul protecţiei mediului înconjurător o reprezintă conservarea biodiversităţii. Este bine să reţinem că natura protejată ne va răsplăti pe deplin, asigurându-ne o viaţă sănătoasă şi o satisfacţie sufletească.

**1** • **Prezintă ciclul hidrologic printr-o schemă-memorie.**

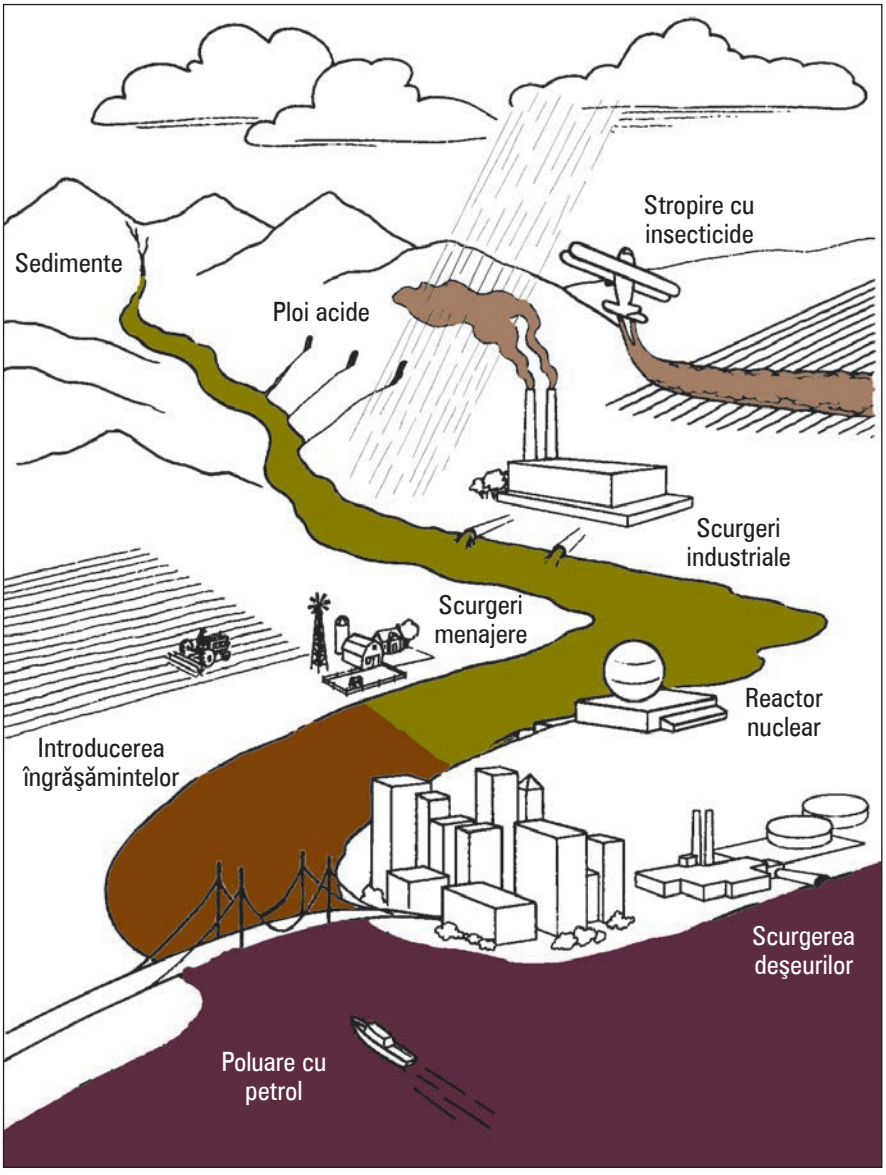
**2** • **Corelează substanţele chimice din coloana *A* cu conţinutul lor admisibil din coloana *B*.**

| A | B |
|---|---|
| 1 – cloruri | a – 0,1 mg/dm$^3$ |
| 2 – cupru | b – 6,0 mg/dm$^3$ |
| 3 – dioxid de carbon | c – 50,0 mg/dm$^3$ |
| | d – 200,0 mg/dm$^3$ |

**3** • **Expune într-o schemă-păianjen tipurile de poluanţi ai unui ecosistem acvatic din localitatea ta şi dă exemple de asemenea poluanţi.**

**4** • **Construieşte o hartă morfologică cu factorii poluanţi ai mediului acvatic din localitatea ta.**

**5** • **Analizează imaginea alăturată şi prezintă într-un tabel:** sursele principale de poluare, soluţii pentru protecţia mediului ambiant şi acţiunile propuse pentru ameliorarea situaţiei.



**6** • **Descrie bazinele acvatice din localitatea ta în baza următorului algoritm:**

**a)** colectează în vase de plastic 5 probe de apă din regiuni diferite;

**b)** determină valoarea pH-ului apei (foloseşte pentru aceasta hârtie de turnesol);

**c)** prezintă rezultatele într-un tabel;

**d)** explică cauzele valorilor obţinute.

*QR 4.12.1*

**7** • **Evidenţiază 4–5 beneficii pentru comunitate şi mediul înconjurător ale creării rezervaţiei naturale „Prutul de Jos”, consultând informaţia din codul de bare *QR 4.12.1*.**

**8** • **Elaborează un afiş publicitar cu titlul** Apa e izvorul vieţii**, în care să arăţi necesitatea protecţiei ecosistemelor acvatice.**

**9** • **Propune un proiect comercial de dezvoltare a unei zone de agrement lângă un bazin acvatic, în care să evidenţiezi** sursele de finanţare, partenerii economici, beneficiile proiectului**, folosind metoda SWOT. Vezi esenţa metodei în codul de bare *QR 4.12.2*.**

*QR 4.12.2*

*QR 4.12.3*

**10** • **Analizează informaţia despre barajele hidroenergetice, expusă în codul de bare *QR 4.12.3*, şi prezintă consecinţele posibile pe termen scurt şi lung asupra ecosistemului acvatic din râul Nistru.**

# TEST SUMATIV (se realizează în caiet)
# la modulul „Ecologia şi protecţia mediului”
# (profil real/profil umanistic)

**1** **Scrie definiţiile următoarelor noţiuni:** *populaţie*, *biotop*, *biocenoză*, *ecosistem*, *biosferă*.

**2** • **Corelează:**

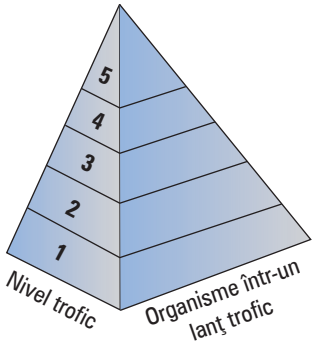
**a) denumirile indicilor principali ai biocenozei din coloana *A* cu definiţiile corespunzătoare din coloana *B*:**

| *A* | *B* |
|---|---|
| 1 – valoare numerică | a – cantitatea substanţei organice conţinută de indivizii unei biocenoze. |
| 2 – biomasă | b – totalitatea speciilor caracteristice unui biotop. |
| 3 – productivitate | c – biomasa organică ce se formează într-o unitate de timp. |

**b) denumirile elementelor principale ale biocenozei din coloana *A* cu definiţiile corespunzătoare din coloana *B*.**

| *A* | *B* |
|---|---|
| 1 – producători | a – consumă carnea altor animale. |
| 2 – consumatori I | b – descompun resturile organice ale plantelor şi animalelor. |
| 3 – consumatori II | c – consumă hrană vegetală. |
| 4 – distrugători | d – asigură sinteza substanţei necesare pentru existenţa biocenozei. |

**3** **Completează piramida ecologică a unei păduri de foioase, înscriind denumirile organismelor pentru fiecare nivel trofic.**
**Explică în 2–3 propoziţii de ce nivelul 5 se află în vârful piramidei.**




**4** **Scrie un exemplu de:** *microecosistem*; *ecosistem terestru*; *ecosistem artificial*; *lanţ trofic granivor*; *mezoecosistem*; *ecosistem acvatic*; *ecosistem natural*; *lanţ trofic bacterivor*.

**5** **Completează schema indicând cel puţin 3 criterii.**

**Deosebiri**

**Ecosisteme naturale** — **Criterii** — **Ecosisteme artificiale**

— — — — — — — — — —
— — — — — — — — — —
— — — — — — — — — —

**6** **Prezintă cel puţin 3 cauze de dereglare a ecosistemelor naturale în Republica Moldova, folosind metoda gândirii critice.**

**7** **Argumentează cel puţin 4 căi de ameliorare a situaţiei ecologice în Republica Moldova.**

## PROFIL REAL/PROFIL UMANISTIC

| Barem de notare | | |
|---|---|---|
| **Punctaj acordat** | $S_1$ – 5 puncte | (câte 1 punct pentru fiecare denumire corectă) |
| | $S_2$ – 7 puncte | (câte 1 punct pentru fiecare corelaţie corectă) |
| | $S_3$ – 7 puncte | (câte 1 punct pentru fiecare denumire corectă; 2 puncte pentru explicaţia corectă completă sau 1 punct pentru explicaţia corectă incompletă) |
| | $S_4$ – 8 puncte | (câte 1 punct pentru fiecare răspuns corect) |
| | $S_5$ – 9 puncte | (câte 1 punct pentru fiecare criteriu de deosebire, câte 1 punct pentru fiecare particularitate a ecosistemelor naturale şi ecosistemelor artificiale) |
| | $S_6$ – 6 puncte | (câte 1 punct pentru fiecare cauză; câte 1 punct pentru fiecare explicaţie) |
| | $S_7$ – 8 puncte | (câte 1 punct pentru fiecare cale propusă; câte 1 punct pentru fiecare argumentare) |

### Scală de notare

| **Punctaj** | 15,1 – 19,99 | 20 – 24,99 | 25 – 29,99 | 30 – 34,99 | 35 – 39,99 | 40 – 44,99 | 45 – 49,99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Notă** | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

# ANEXE

1. Rezolvarea problemelor la tema „Legile lui G. Mendel”.
2. Rezolvarea problemelor la temele „Moştenirea înlănţuită a caracterelor”, „Moştenirea caracterelor cuplate cu sexul”.
3. Rezolvarea problemelor la tema „Moştenirea grupelor sangvine”.

4. Informaţie din logică.
5. Tipuri de noţiuni.
6. Corelaţia dintre noţiuni.
7. Metode didactice.

# Rezolvarea problemelor la tema „Legile lui G. Mendel”



Legile lui G. Mendel se aplică la rezolvarea a trei tipuri de probleme privind particularităţile de formare a gameţilor, încrucişarea monohibridă, încrucişarea dihibridă şi polihibridă.

## Particularităţi de formare a gameţilor

***Problemă.*** Ce tipuri de gameţi formează următoarele genotipuri?

1) *AaBB* 2) *AaBb* 3) *AABbcc*

*Rezolvare*

1. Deoarece numărul tipurilor de gameţi poate fi determinat după formula $2^n$ (unde *n* indică numărul de perechi de caractere heterozigote în acest genotip), genotipul *AaBB* formează $2^1 = 2$ tipuri de gameţi, şi anume: *AB*; *aB*.

2. Genotipul *AaBb* este heterozigot după două caractere. În acest caz el formează $2^2 = 4$ tipuri de gameţi: *AB*, *Ab*, *aB* şi *ab*.

3. Genotipul *AABbcc* este heterozigot după un singur caracter (*Bb*). În acest caz el formează $2^1 = 2$ tipuri de gameţi: *ABc* şi *Abc*.

*Notă:* Este important să reţii că în fiecare gamet trebuie să ajungă doar câte o alelă din fiecare pereche de gene.

## Încrucişarea monohibridă

***Problemă.*** Deprinderea omului de a lucra cu mâna dreaptă domină deprinderea de a lucra cu mâna stângă. Un bărbat dreptaci (heterozigot) s-a căsătorit cu o femeie stângace. Determinaţi genotipurile şi fenotipurile posibile ale copiilor din această familie.

*Rezolvare*

Se dă:

*A* – deprinderea de a lucra cu mâna dreaptă;

*a* – deprinderea de a lucra cu mâna stângă.

$G_1$ – ?; $F_1$ – ?

În conformitate cu condiţiile problemei, bărbatul dreptaci este heterozigot (*Aa*), iar femeia este stângace şi poate avea doar genotipul *aa*. Folosind grila lui Punnett, putem afla genotipurile posibile ale copiilor.

*Răspuns:*

1. Copiii din această familie vor avea genotipurile: 50 % *Aa* şi 50 % *aa*.

2. Copiii se pot naşte cu aceeaşi probabilitate: fie dreptaci, fie stângaci (50 % : 50 %).

P ♀ aa × ♂ Aa

| | | A | a |
|---|---|---|---|
| $F_1$ | a | Aa dreptaci | aa stângaci |

***Problemă.*** La câini, gena culorii negre a părului domină gena culorii brune. Ce culoare va avea părul la descendenţii ai căror părinţi sunt heterozigoţi?

*Rezolvare*

Se dă:

*B* – culoarea neagră a părului;

*b* – culoarea brună a părului.

$F_1$ – ?

Deoarece ambii părinţi sunt heterozigoţi, ei au genotipul *Bb*. Schema încrucişării va fi următoarea: ♀ Bb × ♂ Bb.

*Răspuns:* Segregarea după fenotip va fi de 3:1 (75 % din descendenţi vor avea păr negru, iar 25 % – păr brun).

P ♀ Bb × ♂ Bb

| | | B | b |
|---|---|---|---|
| $F_1$ | B | BB culoare neagră | Bb culoare neagră |
| | b | Bb culoare neagră | bb culoare brună |

***Problemă.*** La încrucişarea musculiţelor de drosofilă cu aripi normale s-a obţinut o descendenţă de 1 242 de indivizi cu aripi normale şi 415 indivizi cu aripi vestigiale. Determinaţi genotipurile formelor parentale.

P ♀ Aa × ♂ Aa

$F_1$

| | A | a |
|---|---|---|
| A | AA aripi normale | Aa aripi normale |
| a | Aa aripi normale | aa aripi vestigiale |

*Rezolvare*

Aflăm raportul claselor fenotipice obţinute: 1 242 : 415 ≈ 3 : 1.

În conformitate cu legea segregării a lui G. Mendel, raportul de 3:1 se obţine în cazul în care formele iniţiale sunt heterozigote. Rezultă că formele iniţiale aveau genotipul *Aa*, iar forma normală a aripilor la drosofilă este un caracter dominant.

Verificăm cele expuse, folosind grila lui Punnett.

După fenotip obţinem raportul de 3*A*- :1*aa*.

*Răspuns:* Ambele forme parentale au avut genotipul *Aa*.

**Încrucişarea dihibridă şi polihibridă**

***Problemă.*** La tomate, culoarea roşie a fructelor domină culoarea galbenă, iar forma sferică domină forma alungită. Genele ambelor caractere se află în autozomi diferiţi. Ce descendenţă se poate obţine de la încrucişarea plantelor homozigote cu fructe sferice, de culoare roşie cu plantele cu fructe alungite, de culoare galbenă?

*Rezolvare*

Se dă:

*A* – culoarea roşie a fructelor; *B* – fructe sferice;

*a* – culoarea galbenă a fructelor; *b* – fructe alungite.

P ♀ AABB × ♂ aabb

$F_1$

| | ab |
|---|---|
| AB | AaBb |

$F_1$ – ?

La încrucişarea plantelor menţionate vom obţine următoarea descendenţă:

100 % plante cu fructe sferice, de culoare roşie.

*Răspuns:* Descendenţa va poseda ambele caractere dominante – culoarea roşie şi forma sferică a fructelor.

***Problemă.*** Într-o gospodărie s-au încrucişat tomate cu fructele de culoare galbenă, heterozigote după formă, cu tomate cu fructele alungite, heterozigote după culoare. Ce descendenţă se va obţine în urma acestei încrucişări?

*Rezolvare*

În conformitate cu condiţia problemei, unele plante aveau genotipul *aaBb*, iar celelalte – *Aabb*. În acest caz, se va obţine următoarea descendenţă:

P ♀ aaBb × ♂ Aabb

$F_1$

| | Ab | ab |
|---|---|---|
| aB | AaBb | aaBb |
| ab | Aabb | aabb |

*AaBb* – tomate cu fructe roşii şi sferice;

*aaBb* – tomate cu fructe galbene şi sferice;

*Aabb* – tomate cu fructe roşii şi alungite;

*aabb* – tomate cu fructe galbene şi alungite.

*Răspuns:* Se va obţine o descendenţă formată din patru clase fenotipice în raport de 1:1:1:1.

***Problemă.*** La încrucişarea tomatelor diheterozigote după culoarea şi forma fructelor s-au obţinut 18 tone de fructe sferice de culoare roşie şi 6 tone de fructe alungite de culoare roşie. Ce cantitate de fructe de tomate aveau forma alungită şi culoarea galbenă?

*Rezolvare*

La încrucişarea a două genotipuri diheterozigote (*AaBb*), conform legii segregării independente, se vor obţine patru clase fenotipice în următorul raport:

9*A-B-* : 3*A-bb* : 3*aaB-* : 1*aabb*

Aflăm cantitatea de tomate alungite de culoare galbenă:

| | | |
|---|---|---|
| 6 tone (*Aabb*) | constituie | 3 părţi |
| x tone (*aabb*) | constituie | 1 parte |

x = 6 : 3 = 2 (tone)

*Răspuns:* Din recolta obţinută, 2 tone de tomate aveau formă alungită de culoare galbenă.

***Problemă.*** La om, miopia domină vederea normală, iar culoarea căpruie a ochilor – cea albastră. Genele ambelor caractere se află în cromozomi diferiţi. Ce copii se pot naşte într-o familie în care tatăl este diheterozigot, iar mama – cu ochi căprui (heterozigotă) şi vedere normală?

*Rezolvare*

Se dă:

A – miopie; a – vedere normală

B – ochi căprui; b – ochi albaştri

$F_1$ – ?

În conformitate cu condiţia problemei, în această familie se pot obţine patru clase fenotipice în raportul 3:3:1:1.

*Răspuns*: În această familie se pot naşte:
37,5 % copii miopi cu ochi căprui;
37,5 % copii cu vederea normală şi ochi căprui;
12,5 % copii miopi cu ochi albaştri;
12,5 % copii cu vederea normală şi ochi albaştri.

P ♀ aaBb × ♂ AaBb

| $F_1$ | AB | Ab | aB | ab |
|---|---|---|---|---|
| aB | AaBB | AaBb | aaBB | aaBb |
| ab | AaBb | Aabb | aaBb | aabb |

**1** **• Ce tipuri de gameţi formează următoarele genotipuri:**
**a) *aaBB;*** **b) *AaBbCC;*** **c) *AABBcc;*** **d) *CcDdHh;*** **e) rrTTHhff?**

**2** **• La om, gena ce determină culoarea căpruie a ochilor predomină gena ce determină culoarea albastră. Care pot fi genotipul şi fenotipul copiilor proveniţi din căsătoria unei femei heterozigote cu ochi căprui şi a unui bărbat cu ochi albaştri?**

**3** **• Culoarea cenuşie a corpului de drosofilă domină culoarea neagră. Ce musculiţe ar trebui să fie încrucişate pentru a obţine o descendenţă alcătuită doar din musculiţe cu corp cenuşiu?**

**4** **• Culoarea căpruie a ochilor predomină culoarea albastră, iar prezenţa factorului Rh predomină lipsa factorului Rh. O femeie cu ochi albaştri şi Rh negativ s-a căsătorit cu un bărbat cu ochi căprui şi Rh pozitiv, heterozigot după ambele caractere. Care este probabilitatea naşterii în această familie a unui copil cu ochi căprui şi Rh negativ?**

**5** • Determină segregarea după fenotip la încrucişarea plantelor de mazăre ce se deosebesc după trei caractere alternative, ale căror gene se află în autozomi diferiţi: culoarea bobului (galbenă sau verde); forma bobului (netedă sau zbârcită); înălţimea plantei (înaltă sau pitică).

**6** • Polidactilia se transmite prin ereditate drept caracter autozomal dominant. Care este probabilitatea naşterii unor copii sănătoşi în familia în care unul dintre părinţi suferă de această boală, fiind heterozigot, iar altul – sănătos?

**7** • La încrucişarea musculiţelor de drosofilă de culoare cenuşie cu musculiţe de culoare neagră au apărut 277 de musculiţe de culoare cenuşie şi 269 de musculiţe de culoare neagră. Află genotipurile formelor parentale.

**8** • Culoarea neagră a blănii iepurelui predomină culoarea sură, iar forma netedă a părului – forma flocoasă. La încrucişarea unei iepuroaice cu părul neted, de culoare neagră cu un iepure cu părul flocos, de culoare sură s-au născut 2 iepuri cu părul neted, negru, 3 iepuri cu părul neted, sur, 2 iepuri cu părul flocos, negru şi 4 iepuri cu părul flocos, sur. Determină genotipul iepuroaicei.

**9** • Culoarea sură a blănii şoriceilor predomină culoarea albă. La încrucişarea şoriceilor suri au apărut 198 de şoricei suri şi 72 albi. Determină genotipurile formelor parentale şi ale descendenţei.

**10** • La găini, numărul celor cu penaj pe gât predomină numărul celor cu gâtul gol. La încrucişarea a două forme heterozigote cu un fenotip normal s-au obţinut 76 de pui. Câţi dintre ei au penajul normal şi câţi nu au penaj pe gât?

**11** • Forma normală a aripilor la drosofilă predomină aripile rudimentare (vestigiale). La încrucişarea musculiţelor de drosofilă cu aripi normale a rezultat o descendenţă de 3 500 de indivizi, dintre care 2 660 aveau aripi normale, iar restul – aripi rudimentare. Determină genotipurile formelor parentale.

**12** • Miopia se transmite prin ereditate drept caracter dominant autozomal. O femeie, heterozigotă conform acestui caracter, se căsătoreşte cu un bărbat cu vederea normală. Care va fi segregarea după fenotip şi genotip a urmaşilor din această familie?

**13** • La bovine, gena ce determină lipsa coarnelor predomină gena ce determină prezenţa coarnelor, iar gena culorii negre – gena culorii roşii. Ambele perechi de gene sunt localizate în autozomi diferiţi. Într-o gospodărie, la încrucişarea timp de mai mulţi ani a bovinelor diheterozigote negre fără coarne au apărut 416 viţei. Câţi viţei aveau coarne şi culoare roşie?

**14** • La om, culoarea căpruie a ochilor reprezintă un caracter dominant, iar culoarea albastră – unul recesiv; prezenţa factorului Rh reprezintă un caracter dominant, iar lipsa factorului Rh – un caracter recesiv. Care este probabilitatea naşterii unui copil cu ochi căprui şi Rh negativ, dacă ambii părinţi au fost heterozigoţi după aceste caractere?

# Rezolvarea problemelor la temele „Moştenirea înlănţuită a caracterelor", „Moştenirea caracterelor cuplate cu sexul"

***Problemă.*** La tomate, tulpina înaltă predomină tulpina pitică, iar forma sferică a fructelor – pe cea alungită. Aceste gene sunt înlănţuite şi se află la o distanţă de 20 de morganide. Ce descendenţă e posibilă de la încrucişarea unei plante diheterozigote cu o plantă pitică, cu fructele alungite?

*Rezolvare*

Se dă: *A* – tulpină înaltă; *B* – fructe sferice;
*a* – tulpină pitică; *b* – fructe alungite.
$F_1$ – ?

Genele respective sunt înlănţuite şi se transmit împreună. Însă înlănţuirea este incompletă, deoarece între ele se realizează crossing-overul cu o frecvenţă de 20% (1 morganidă = 1% de crossing-over).

În acest caz, când lipseşte crossing-overul, gameţii vor alcătui 80%, iar când el este prezent – 20%. Planta diheterozigotă are fenotipul următor: tulpina înaltă şi fructe sferice, iar genotipul – *AaBb*. În problemă nu se concretizează de la care părinte a primit genotipul dat genele respective, de aceea sunt posibile două variante:

a) $\frac{AB}{ab}$ – genele dominante au fost moştenite de la un părinte (lipseşte crossing-overul);

b) $\frac{Ab}{aB}$ – genele dominante au fost moştenite de la părinţi diferiţi (crossing-overul este prezent).

Să analizăm ambele variante:

a) P ♀ $\frac{AB}{ab}$ × ♂ $\frac{ab}{ab}$ (planta pitică, cu fructele alungite este homozigotă după ambele caractere recesive).

Gameţii *AB* şi *ab* sunt ne-crossing-over şi alcătuiesc 80% (câte 40% fiecare), iar gameţii *Ab* şi *aB* sunt rezultatul crossing-overului şi alcătuiesc 20% (câte 10% fiecare).

*Răspuns:* În urma acestei încrucişări se vor obţine plante în raport: 40% plante înalte cu fructe sferice; 40% plante pitice cu fructe alungite; 10% plante înalte cu fructe alungite; 10% plante pitice cu fructe sferice.

$F_1$

| | ab 100% | |
|---|---|---|
| AB, 40% | AaBb | – plante înalte cu fructe sferice |
| ab, 40% | aabb | – plante pitice cu fructe alungite |
| Ab, 10% | Aabb | – plante înalte cu fructe alungite |
| aB, 10% | aaBb | – plante pitice cu fructe sferice |

b) P ♀ $\frac{Ab}{aB}$ × ♂ $\frac{ab}{ab}$

În acest caz, gameţii *Ab* şi *aB* sunt ne-crossing-over, iar gameţii *AB* şi *ab* – crossing-over.

*Răspuns.* În descendenţă se vor obţine plante în următorul raport: 40% plante înalte cu fructe alungite; 40% plante pitice cu fructe sferice; 10% plante înalte cu fructe sferice; 10% plante pitice cu fructe alungite.

$F_1$

| | ab 100% | |
|---|---|---|
| Ab, 40% | Aabb | – plante înalte cu fructe alungite |
| aB, 40% | aaBb | – plante pitice cu fructe sferice |
| AB, 10% | AaBb | – plante înalte cu fructe sferice |
| ab, 10% | aabb | – plante pitice cu fructe alungite |

***Problemă.*** La drosofilă, genele ce determină culoarea corpului şi forma aripilor sunt înlănţuite. Culoarea cenuşie a corpului şi forma normală a aripilor sunt caractere dominante, iar culoarea neagră a corpului şi forma vestigială (rudimentară) a aripilor – caractere recesive. La încrucişarea femelelor diheterozigote cu masculii cu corp negru şi aripi vestigiale s-a obţinut o descendenţă din care 1 418 musculiţe aveau corp negru şi aripi vestigiale, 1 394 – corp cenuşiu şi aripi normale, 287 – corp negru şi aripi normale, 288 – corp cenuşiu şi aripi vestigiale. Determină distanţa dintre gene.

*Rezolvare*

Se dă: *A* – corp cenuşiu; *B* – aripi normale;
*a* – corp negru; *b* – aripi vestigiale.
Distanţa dintre *A* şi *B* – ?

Conform condiţiilor problemei, schema încrucişării este următoarea:

$P \; ♀ \frac{AB}{ab} \times ♂ \frac{ab}{ab}$

În total s-au obţinut 3 387 de musculiţe (1 394 + 1 418 + 288 + 287), dintre care 575 (288 + 287) sunt rezultatul crossing-overului. După procentul de crossing-over, aflăm distanţa dintre aceste gene (x).

3 387 musculiţe alcătuiesc 100 %
575 musculiţe ..... x %

$x = \frac{575}{3387} \times 100\,\% = 16{,}98\,\%$

$F_1$

| | ab |
|---|---|
| AB | $\frac{AB}{ab}$ – corp cenuşiu şi aripi normale (1394) |
| ab | $\frac{ab}{ab}$ – corp negru şi aripi vestigiale (1418) |
| Ab | $\frac{Ab}{ab}$ – corp cenuşiu şi aripi vestigiale (288) |
| aB | $\frac{aB}{ab}$ – corp negru şi aripi normale (287) |

*Răspuns:* Distanţa dintre genele *A* şi *B* este de 16,98 de morganide.

***Problemă.*** Hemofilia la om se moşteneşte ca un caracter recesiv cuplat cu sexul (cromozomul X). Un bărbat bolnav de hemofilie se căsătoreşte cu o femeie sănătoasă, al cărei tată suferea de hemofilie. Determină probabilitatea naşterii în această familie a unor copii sănătoşi.

*Rezolvare*

Se dă: H – lipsa hemofiliei; h – prezenţa hemofiliei.
$F_1$ – ?

$P \; ♀ X^H X^h \times ♂ X^h Y$

$F_1$

| | $X^h$ | Y |
|---|---|---|
| $X^H$ | $X^H X^h$ | $X^H Y$ |
| $X^h$ | $X^h X^h$ | $X^h Y$ |

Conform condiţiei problemei, bărbatul suferă de hemofilie şi are genotipul $X^hY$. Deoarece tatăl femeii suferea de hemofilie, ea a moştenit de la el gena recesivă, este heterozigotă şi are genotipul $X^HX^h$. Care este probabilitatea naşterii copiilor sănătoşi în această familie?
*Răspuns:* Probabilitatea naşterii copiilor sănătoşi în această familie este de 50 % (25 % fete heterozigote $X^H X^h$ şi 25 % băieţi $X^H Y$).

***Problemă***. La musculiţele de drosofilă, culoarea ochilor reprezintă un caracter cuplat cu sexul. Precum se ştie, culoarea roşie a ochilor predomină culoarea albă. La încrucişarea musculiţelor de drosofilă cu ochi roşii cu cele cu ochi albi au apărut o descendenţă compusă din 33 de femele cu ochi roşii, 37 de masculi cu ochi roşii, 34 de femele cu ochi albi şi 35 de masculi cu ochi albi. Determină genotipurile formelor parentale.

*Rezolvare*

Se dă: *w* – ochi albi; + – ochi roşii.
P – ?

În urma încrucişării au rezultat patru clase de musculiţe în raport aproximativ egal:

$33 : 37 : 34 : 35 \approx 1 : 1 : 1 : 1.$

Deci, formele parentale au fost heterozigote. Cu ajutorul grilei lui Punnett, verifică cele expuse.

*Răspuns:* Femela de drosofilă avea genotipul $X^+ X^w$, iar masculul – $X^w Y$.

$P \; ♀ X^+ X^w \times ♂ X^w Y$

$F_1$

| | $X^w$ | Y |
|---|---|---|
| $X^+$ | $X^+X^w$ | $X^+Y$ |
| $X^w$ | $X^wX^w$ | $X^wY$ |

***Problemă.*** Câte tipuri de gameţi şi în ce raport formează musculiţele de drosofilă cu genotipul $\frac{AB}{ab}$ (Distanţa dintre genele A şi B este de 30 morganide.)

*Rezolvare*

Deoarece genele sunt înlănţuite incomplet, musculiţele de drosofilă pot forma următoarele tipuri de gameţi:

femelele: 35 % AB; 35 % ab; 15 % Ab; 15 % aB.

masculii: 50 % AB; 50 % ab (la masculii de drosofilă lipseşte crossing-overul).

**1** **• La om, cataracta (boală de ochi) şi polidactilia (prezenţa unui număr mai mare de degete) sunt determinate de gene dominante, localizate în acelaşi cromozom. O femeie care a moştenit cataracta de la tatăl său şi polidactilia de la mama sa s-a căsătorit cu un bărbat normal în privinţa acestor caractere. Copilul lor va suferi de ambele anomalii? Argumentează.**

**2** **• Cobaii cu blană scurtă predomină pe cei cu blană lungă, iar cobaii cu blană zbârcită – pe cei cu blană netedă. Ce încrucişări sunt necesare pentru a dovedi că aceste gene sunt înlănţuite?**

**3** **• Daltonismul la om se moşteneşte drept caracter recesiv cuplat cu sexul. Într-o familie unde ambii părinţi sunt sănătoşi s-a născut un băiat daltonist. Determină genotipurile părinţilor şi ale copiilor.**

**4** **• Daltonismul este o boală cuplată cu sexul. O femeie al cărei tată a fost sănătos, iar mama – purtătoare a genei daltonismului s-a căsătorit cu un bărbat daltonist. E posibil să se nască în această familie copii sănătoşi? Dacă da, atunci de ce sex?**

**5** **• Un bărbat cu ochi albaştri şi coagulare normală a sângelui s-a căsătorit cu o femeie cu ochi căprui şi coagulare normală a sângelui, al cărei tată avea ochi albaştri şi era hemofilic. Ce urmaşi va avea această familie, dacă se ştie că culoarea căpruie a ochilor predomină culoarea albastră, iar hemofilia se moşteneşte drept caracter recesiv, cuplat cu cromozomul X?**

**6** **• La drosofilă, culoarea roşie a ochilor predomină culoarea albă, iar abdomenul anormal predomină abdomenul normal. Ambele gene sunt localizate în cromozomul X, la o distanţă de 3 morganide. Determină genotipurile şi fenotipurile posibile la încrucişarea unei femele diheterozigote (genele dominante au fost moştenite de la un părinte) cu un mascul cu abdomen normal şi ochi roşii.**

**7** **• Care este probabilitatea naşterii unor fetiţe purtătoare de daltonism într-o familie unde ambii părinţi sunt sănătoşi?**

**8** **• Hemofilia este o boală ereditară care se moşteneşte cuplată cu sexul. O femeie al cărei tată suferea de hemofilie s-a căsătorit cu un bărbat sănătos. Care este probabilitatea naşterii în această familie a unor copii bolnavi?**

**9** **• O femeie purtătoare a genei hemofiliei se căsătoreşte cu un bărbat sănătos. Care este probabilitatea naşterii în această familie a unor băieţi sănătoşi?**

**10** **• Un bărbat dreptaci, care suferă de daltonism, se căsătoreşte cu o femeie dreptace şi vedere normală, al cărei tată era stângaci şi daltonist. Determină probabilitatea naşterii în această familie a unui băiat dreptaci cu vederea normală.**

**11** **• La om, forma clasică a hemofiliei se transmite prin moştenire drept caracter recesiv, cuplat cu cromozomul X. Fenilcetonuria este determinată de o genă recesivă autozomală. Într-o familie unde ambii soţi sunt normali sub aspectul ambelor caractere s-a născut un copil cu ambele anomalii. Care este probabilitatea că în această familie se pot naşte copii fără anomalii?**

**12** **• Care este ordinea genelor A, B, C şi D în cromozom, dacă se cunosc următoarele frecvenţe de recombinare: C – D = 3 unităţi de recombinare (crossing-over); B – D = 10 unităţi de recombinare; B – C = 13 unităţi de recombinare; A – D = 8 unităţi de recombinare; A – B = 18 unităţi de recombinare?**

## Anexa 3 Rezolvarea problemelor la tema „Moştenirea grupelor sangvine”

***Problemă.*** Părinţii au grupele sangvine II şi III. Ce grupe sangvine pot avea copiii lor?

*Rezolvare*
Se dă:
II (grupa A) – AA sau AO;
III (grupa B) – BB sau BO.
$F_1$ – ?

Deoarece părinţii pot avea diferite genotipuri, sunt posibile mai multe variante de răspuns. Să analizăm cazul în care ambii părinţi sunt heterozigoţi.

a) P ♀AO × ♂BO

| $F_1$ | B | O |
|---|---|---|
| A | AB | AO |
| O | BO | OO |

*Răspuns:* Copiii pot avea toate grupele sangvine – I (O), II (A), III (B), IV (AB), în raport de 25 % : 25 % : 25 % : 25 %.

b) Ambii părinţi sunt homozigoţi : AA şi BB.

P ♀AA × ♂BB

| $F_1$ | B |
|---|---|
| A | AB |

*Răspuns:* În acest caz, toţi copiii vor avea grupa sangvină IV (AB).

c) Mama este homozigotă, iar tatăl – heterozigot.

P ♀AA × ♂BO

| $F_1$ | B | O |
|---|---|---|
| A | AB | AO |

*Răspuns:* În cazul dat, copiii vor avea grupele sangvine II (A) şi IV (AB), în raport de 50 % : 50 %.

d) Mama este heterozigotă, iar tatăl – homozigot.

P ♀AO × ♂BB

| $F_1$ | B |
|---|---|
| A | AB |
| O | BO |

*Răspuns:* Copiii vor avea grupele sangvine III (B) şi IV (AB), în raport de 50 % : 50 %.

***Problemă.*** Prezenţa Rh este un caracter dominant, iar lipsa lui – un caracter recesiv. O femeie cu $Rh^-$ s-a căsătorit cu un bărbat cu $Rh^+$, heterozigot după acest caracter. Care este probabilitatea naşterii în această familie a unui copil cu $Rh^-$?

*Rezolvare*

Se dă:

$Rh^+$ – caracter dominant

$Rh^-$ – caracter recesiv

$Rh^-\ Rh^-$ – ?

Deoarece mama posedă genotipul $Rh^-\ Rh^-$, iar tatăl genotipul $Rh^+\ Rh^-$, în această familie se pot naşte:

P ♀ $Rh^-Rh^-$ × ♂ $Rh^+Rh^-$

| | | |
|---|---|---|
| | $Rh^+$ | $Rh^-$ |
| $Rh^-$ | $Rh^+Rh^-$ | $Rh^-Rh^-$ |

$F_1$

*Răspuns:* În această familie, probabilitatea naşterii copiilor cu $Rh^-$ este de 50 %.

**1** **• Părinţii au grupele sangvine I şi III. Determină ce grupe sangvine pot avea copiii lor.**

**2** **• Ce grupă sangvină şi Rh vor avea copiii într-o familie în care unul dintre părinţi are grupa sangvină IV şi $Rh^-$, iar celălalt – grupa sangvină I şi $Rh^+$?**

**3** **• Trei copii dintr-o familie au, respectiv, grupele sangvine III, II şi I. Care sunt grupele sangvine posibile ale părinţilor?**

**4** **• Mama are grupa sangvină II, iar fiul – grupa sangvină I. Determină grupele sangvine posibile ale tatălui.**

**5** **• La o maternitate s-au născut doi copii. Părinţii unui copil au grupele sangvine I şi II, iar părinţii celuilalt copil – grupele II şi IV. Determină părinţii fiecărui copil, dacă se ştie că unul dintre ei are grupa sangvină II, iar celălalt – grupa sangvină III.**

## Anexa 4

# Informaţie din logică

**Conţinutul noţiunii**
- caractere distincte, esenţiale ale obiectelor şi fenomenelor reale

**Noţiune**
- formă logică fundamentală a gândirii omeneşti, care reflectă însuşirile generale, esenţiale şi necesare ale unei clase (mulţimi) de obiecte

**Volumul noţiunii**
- clasă reală de obiecte sau fenomene (în afara noţiunilor)

**Raportul dintre conţinutul şi volumul noţiunii** este determinat de legea conexiunii inverse: cu cât este mai mică cantitatea de informaţie despre obiectele incluse într-o noţiune, cu atât mai amplă este clasa de obiecte şi mai incert (vag) este conţinutul ei (de exemplu, *plantele*) şi invers, cu cât este mai amplă informaţia despre noţiune, cu atât mai îngustă şi mai concretă este seria de obiecte (de exemplu, *plantă graminee furajeră*).

## Anexa 5

# Tipuri de noţiuni

**Noţiuni unitare**: volumul lor se compune dintr-un singur obiect. (*G. Mendel*)

**Noţiuni cumulative:** reprezintă o varietate a noţiunilor unitare; conţinutul lor reflectă un grup de obiecte omogene (*biocenoză*).

**Noţiuni generale:** volumul lor se compune din mai multe obiecte (*mamifere; om*).

**Categorii:** noţiuni generale, fundamentale, filozofice, care reflectă însuşirile generale în procesul cunoaşterii (*materie; energie*).

**Noţiuni goale:** noţiuni cu un volum nul (*perpetuum mobile*).

**Noţiuni concrete:** obiecte sau grupuri de obiecte (materiale) (*lac; copac*).

**Noţiuni abstracte:** nu reflectă obiectul în general, ci doar unele însuşiri ale sale (*înălţime; conductibilitate*).

**Noţiuni relative:** noţiuni ce includ obiecte a căror existenţă presupune existenţa altor obiecte (*animal–mamifer; fabacee–mazăre*).

**Noţiuni absolute:** noţiuni care includ obiecte ce există independent de alte obiecte (*populaţie; biosferă*).

**Noţiuni pozitive:** noţiuni ce reflectă o proprietate sau o corelaţie (pozitivă) a obiectelor (*copac înalt*).

**Noţiuni negative:** noţiuni ce reflectă lipsa unei proprietăţi sau corelaţii pozitive a obiectelor (*copac fără fructe*).

În funcţie de numărul de obiecte cu care se operează.

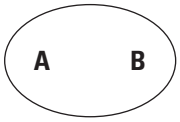
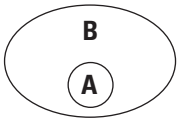
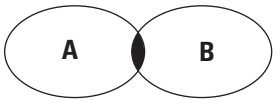
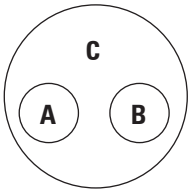
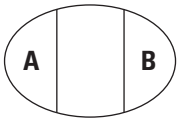
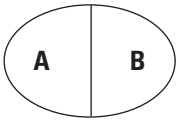
În funcţie de existenţa reală a obiectelor.

În funcţie de posibilitatea sau imposibilitatea existenţei obiectelor.

În funcţie de confirmarea sau negarea unei proprietăţi.

# Corelaţia dintre noţiuni

Corelaţia dintre noţiuni, în logică, se exprimă prin cercurile Eyler.

| | |
|---|---|
| **1. Noţiuni incompatibile** – noţiuni comparabile, ale căror volume nu coincid. | **A** – autotrof<br>**B** – heterotrof |
| **2. Noţiuni echivalente** – noţiuni comparabile, compatibile, care se referă la acelaşi obiect, evidenţiind caractere diferite ale unui întreg. |  **A** – histologia plantelor<br>**B** – sistematica plantelor |
| **3. Noţiuni subordonate** – noţiuni comparabile, compatibile, pentru care volumul uneia se include complet în volumul celeilalte. |  **A** – felină<br>**B** – mamifer |
| **4. Noţiuni încrucişate** – noţiuni comparabile, compatibile, ale căror volume se întrepătrund doar parţial. |  **A** – adolescent<br>**B** – adult |
| **5. Noţiuni coordonate** – noţiuni comparabile, incompatibile, cu volume diferite, care se exclud reciproc, dar sunt parte componentă a unei noţiuni mai ample. |  **A** – pisică<br>**B** – câine<br>**C** – mamifere |
| **6. Noţiuni contrastante** – noţiuni comparabile, incompatibile, ce aparţin unui volum general, atunci când una exprimă un caracter, iar cealaltă neagă acest caracter, substituindu-l cu un caracter opus. |  **A** – copac mare<br>**B** – copac mic |
| **7. Noţiuni contradictorii** – noţiuni comparabile, incompatibile ale unui volum general, care se exclud reciproc. |  **A** – proteine<br>**B** – lipide |

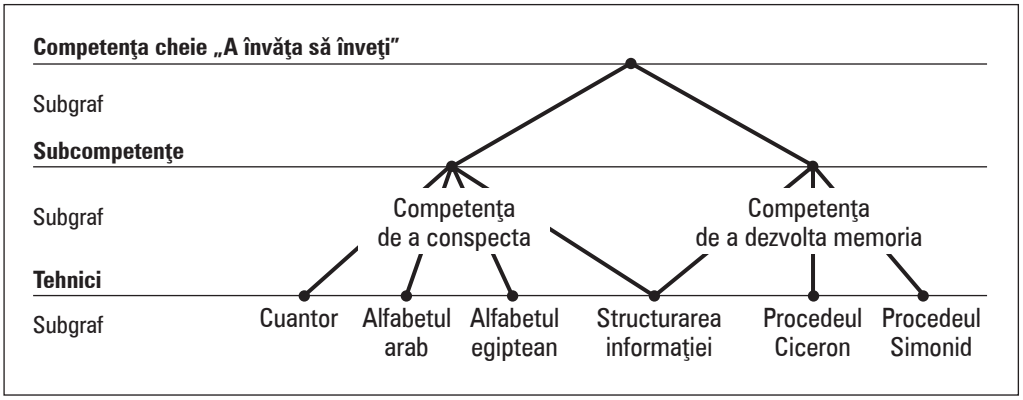
# Metode didactice

## Metoda grafurilor

Un **graf** reprezintă o mulţime de elemente/obiecte (numite noduri) legate între ele prin linii orientate. Grafurile sunt utilizate pentru vizualizarea relaţiilor, în special a relaţiilor ierarhice (de exemplu, arbore) dintr-un sistem complex.

*Elemente constitutive:* Vârfuri (noduri sau puncte)
Muchii (linii)
Subgraf (vârfurile şi muchiile acestora constituie un subgraf).

De exemplu, graful competenţei **„A învăţa să înveţi”**.

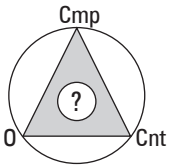



## Schema „TRIUNGHI OCC”

Schema „TRIUNGHI OCC” este un procedeu reprezentativ/ilustrativ care permite analiza consecutivă a factorilor referitori la orientare, comportament şi context într-o situaţie concretă.

*Elemente constitutive ale schemei:*

- Triunghi cu vârfuri OCC: *O* – orientare; *Cmp* – comportament; *Cnt* – context.




*Reguli de aplicare:*

- Se stabileşte ceea ce trebuie de scris în fiecare vârf al triunghiului.
- În mijlocul triunghiului se scrie ideea principală pentru rezolvarea situaţiei concrete.

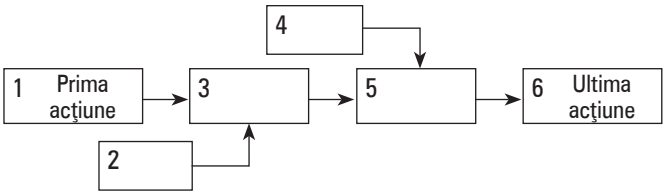
## Schema acţiunilor consecutive

**Schema acţiunilor consecutive** reflectă demersul acţiunilor consecutive necesare în proiectarea unui proces.

*Elemente constitutive ale schemei:*

- Dreptunghiuri
- Fraze ce denotă acţiuni (verbe) notate în dreptunghiuri
- Săgeţi care indică direcţia acţiunilor

*Reguli de aplicare:*




- Săgeata orientată spre dreptunghi presupune realizarea unor condiţii/cerinţe anticipate necesare pentru desfăşurarea acţiunii date.
- Acţiunile realizate paralel cu cele de bază sunt prezentate în dreptunghiurile 2 şi 4.
- Uneori se poate contura o schemă care reprezintă un ciclu închis.
- Acţiunile indicate în dreptunghiurile de la care pleacă săgeata anticipă acţiunile indicate în dreptunghiurile spre care pleacă săgeata.